

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут телекомунікаційних систем**

**Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних мереж**

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Лариса ГЛОБА

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра  
за освітньо-професійною програмою «Інформаційно-комунікаційні  
технології»  
зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
на тему: «Модифікована онтологічна модель системи MicroGrid»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ТІ-91мп

Міщенко Родіон Ігорович \_\_\_\_\_

Керівник:

Старший викладач кафедри ІТМ ІТС, к.т.н

Суліма Світлана Валеріївна \_\_\_\_\_

Консультант з 2 та 3 розділу:

Асистент кафедри ІТМ ІТС

Курдеча Василь Васильович \_\_\_\_\_

Рецензент:

Зав. кафедри промислової електроніки

КПІ ім. Ігоря Сікорського

проф., д.т.н.

Ямненко Юлія Сергіївна \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій дипломній роботі  
немає запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інститут телекомунікаційних систем**

**Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних мереж**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інформаційно-комунікаційні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Л.С.Глоба

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Міщенку Родіону Ігоровичу**

1. Тема дисертації «Модифікована онтологічна модель системи MicroGrid», науковий керівник дисертації старший викладач кафедри інформаційно-телекомунікаційних мереж Суліма Світлана Валеріївна, к.т.н, затверджені наказом по університету від «03» листопада 2020 р. № 3208-с
2. Термін подання студентом дисертації 10.12.2020 р.
3. Об'єкт дослідження : Процес створення системи MicroGrid
4. Предмет дослідження : Модифікована онтологічна модель системи MicroGrid
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
  - 5.1. Провести огляд онтологічних моделей, їх переваг та недоліків, способів їх побудови.

5.2. Проаналізувати структуру, моделі, характеристики, області застосування MicroGrid, а також зробити аналіз застосування хмарних сховищ в онтологічних моделях.

5.3. Проаналізувати технології розподіленого реєстру для застосування їх в онтологічній моделі.

5.4. Проаналізувати уже існуючу онтологічну модель MicroGrid, її складові, стандарти на яких вона побудована та її реалізацію.

5.5. Модифікувати онтологічну модель на основі вищерозглянутих даних.

5.6. Розробити стартап-проект.

5.7. Оцінка запропонованого рішення.

6. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо):

1. Тема, актуальність, мета, задачі.
2. Онтологічна модель MicroGrid.
3. Модифікована модель.
4. Оцінка запропонованого рішення.
5. Стартап-проект.
6. Загальні висновки.

7. Робота виконується в рамках д/б НДР №2218п "Гетерогенна мережа збору, передачі та обробки інформації для системи розподіленої генерації MicroGrid".

8. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
2,3	Асистент кафедри ІТМ ІТС Курдеча В.В		

9. Дата видачі завдання 01.09.2019 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд онтологічних моделей	01.10. – 09.10.2020	виконано
2	Аналіз системи MicroGrid, її моделей характеристик, областей застосування	09.10. – 27.10.2020	виконано
3	Аналіз технологій розподіленого реєстру	28.10. – 05.11.2020	виконано
4	Аналіз робочого прототипу онтологічної моделі MicroGrid	05.11. – 20.11.2020	виконано
5	Модифікація онтологічної моделі	20.11. – 25.11.2020	виконано
6	Розробка стартап-проекту	25.11. – 28.11.2020	виконано
7	Оцінка запропонованого рішення	28.11. – 30.11.2020	виконано
8	Висновки	01.12. – 07.12.2020	виконано

Студент

Родіон МІЩЕНКО

Керівник роботи

Світлана СУЛІМА

## РЕФЕРАТ

Робота містить 93 сторінки, 28 рисунків та 18 таблиць. Було використано 40 джерел.

**Мета роботи:** підвищити ефективність створення системи MicroGrid за рахунок побудови та застосування онтологічної моделі на основі аналізу характеристик, структури, областей застосування даної системи.

Описано проблеми застосування та побудови онтологічних моделей. Проаналізовано структуру, основні характеристики, області застосування та проблеми системи MicroGrid. Досліджено застосування хмарних сховищ в онтологічних моделях для підвищення ефективності роботи всієї системи. Поставлено завдання аналізу онтологічної моделі системи MicroGrid, стандартів на яких вона реалізована, принципів взаємодії між елементами, варіанти побудови. На основі аналізу знань про побудову онтологічних моделей запропоновано модифікацію онтологічної моделі за рахунок виведення деяких елементів системи до хмарного сховища, також додано блок управління аналізом цінових та погодніх факторів, завдяки цьому ефективність побудови системи виросла разом із оптимізацією самих процесів. Проведено аналіз ефективності побудови системи MicroGrid за рахунок застосування онтологічної моделі.

**Ключові слова:** модель, онтологія, онтологічна модель, MicroGrid, мережа, система MicroGrid, побудова моделей, система.

## ABSTRACT

The work contains 93 pages, 28 figures and 18 tables. 40 sources have been used.

**Goal:** Ensure the effective MicroGrid system by building and using ontological models based on an analysis of the characteristics, structure, and areas of this system.

Described the problem of using ontological models. Analyzed the structure, the main characteristics, application areas and problem's of MicroGrid system. The application of cloud storage in ontological models for improving the efficiency of the whole system is explored. The task of analysis of the ontological model of the system MicroGrid, the standards on which it is implemented, the principles of interaction between the elements, construction options are set. On the basis of knowledge analysis on the construction of ontological models, modification of the ontological model is proposed due to the withdrawal of some elements of the system to the cloud storage, and the control unit for the analysis of price and weather factors has been added, due to which the efficiency of construction of the system has grown along with the optimization of the processes themselves. An analysis of the efficiency of constructing a system of MicroGrid through the use of an ontological model has been carried out.

**Key words:** model, ontology, ontology model, MicroGrid, network, system MicroGrid, prompting models, system.

## ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1	13
ОГЛЯД ОНТОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ТА СПОСОБІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ MICROGRID	13
1.1 Онтологічна модель та її представлення	13
1.2 Огляд системи MicroGrid	18
1.2.1 Опис системи	18
1.2.2 Типи мереж MicroGrid	19
1.2.3 Головні принципи побудови системи MicroGrid:	22
1.3 Характеристики та області застосування системи MicroGrid	26
1.4 Застосування хмарних сховищ в онтологічних моделях	31
1.5 Технології розподіленого реєстру	34
1.5.1 Огляд технології	34
1.5.2 Основні параметри	37
РОЗДІЛ 2	40
ОНТОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ТА ПРОТОТИП СИСТЕМИ MICROGRID	40
2.1 Онтологічна модель системи MicroGrid	40
2.2. Рекомендації по застосуванню онтологічної моделі	55
РОЗДІЛ 3	59
ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕЄСТРУ В ОНТОЛОГІЧНІЙ МОДЕЛІ СИСТЕМИ MICROGRID	59

	8
3.1 Блокчейн в MicroGrid	59
3.1 Енергоменеджмент в мережі	60
3.2 Детальні відомості про торгові операції в мережі	66
3.3 Енерго-ціновий ринок та оцінка корисності	69
РОЗДІЛ 4	73
РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	73
4.1 Опис ідеї проекту	73
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту	74
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту	75
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	80
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	82
РОЗДІЛ 5	83
ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНОГО РІШЕННЯ	83
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	90



## **ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ**

АБ	Акумуляторна батарея
ІС	Інформаційна система
РЕР	Розподілені енергетичні ресурси
РЕП	Радіоелектронна промисловість
СІМ	Спільна інформаційна модель
OWL	Web Ontology Language
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
MPCS	Microgrid Plus Control System
UML	Unified Modeling Language
IEC	International Electrotechnical Commission
OPC UA	Open Platform Communication Unified Architecture
MG	MicroGrid
DLT	Decentralized Ledger Technology
ETN	Energy Trading Nodes
PoW	Proof of Work

## ВСТУП

### Актуальність

Необхідність в правильній побудові онтологічних моделей системи MicroGrid обумовлена економічними і технічними причинами. З економічної точки – це причини пов'язані з появою ринка електроенергії. Технічна точка зору дозволить підвищити надійність енергосистеми та запобігати пікових навантажень.

Вибір того чи іншого метода побудови є досить складною задачею, від рішення якої залежить як підвищення енергоефективності системи MicroGrid так і надійності.

Проблема привабливості інтелектуальної енергетики для споживачів полягає в принциповому розриві між потребою інтелектуальної енергетики в активній участі широкого класу споживачів в управлінні нею для забезпечення гнучкості та підвищення ефективності енергосистеми і нинішньою поведінкою споживачів, які не зацікавлені в участі в управлінні системою і не розуміють навіщо і як вони могли б це робити. Необхідні такі нові рішення для споживачів, які змінили б їх поведінку, зробили б їх «інтелектуальними», активними учасниками управління системою.

Сьогоднішні енергетичні системи розвиваються в напрямку «пов'язаних систем», що складаються з багатьох компонентів, кожен з яких має різну роль і (прямий / непрямий) вплив на навколишнє середовище. MicroGrid є гарним прикладом таких енергетичних систем. Щоб «увімкнути світло», вони призначені для забезпечення надійної потужності шляхом включення локальних генераторних установок / систем, заснованих на поновлюваних і звичайних джерелах енергії, систем зберігання енергії та навантаження на споживання енергії. Вони мають можливість працювати в підключеному до мережі режимі (підключеному до основної електричної мережі) або острівному режимі (відключений від основної електричної мережі). Крім того, передбачається, що MicroGrid відіграватиме істотну роль у системах електропостачання, підвищуючи ефективність розподілу електроенергії та

ефективність витрат (проявляється в установці джерел живлення поблизу навантажень споживачів). MicroGrid будують все більше і більше в різних країнах і місцях. Однак, як і у випадку з більшістю нових технологій, виникли кілька потреб і викликів. Одна з основних проблем полягає у забезпеченні відповідної «сумісності», оскільки MicroGrid складається з низки різнорідних з'єднаних компонентів, побудованих і поставлених різними організаціями з різноманітними цілями і, ймовірно, за іншими протоколами. Це підкреслює необхідність забезпечення безперешкодного обміну інформацією між його компонентами.

Мікромережі забезпечують проникнення розподілених енергетичних ресурсів (PER) завдяки своїй здатності забезпечувати зручний механізм взаємозв'язку між постачальниками PER, об'єктами та агрегаторами, які повинні бути інтегровані в критичну інфраструктуру доставки енергії. Мережеві мікромережі визначаються як екосистема взаємодіючих та автономних мікромереж з точками з'єднання як до комунальної електроенергетичної системи, так і до однорівневої мікромережі, що забезпечує гнучку реакцію на стихійні лиха, а також здатність відновити всю систему розподілу та передачі з складових мікромереж шляхом скоординованих реставраційних дій. Цілісний погляд на кіберфізичну мережеву систему управління мікромережею - це спосіб підвищення стійкості.

Швидке впровадження технологій мікромереж обумовлене агресивними цілями інтеграції відновлюваних джерел енергії, встановленими багатьма комунальними службами США. Ці гучні цілі призводять до збільшення розміру мережі, складності експлуатації, надзвичайно нестабільних експлуатаційних умов із необхідністю отримання інформації в режимі реального часу на вимогу. Посилене впровадження мережевих приватних та комунальних мікромереж, пов'язаних через різнорідні комунікаційні мережі інтернету речей (IoT) з доданими інтелектуальними польовими пристроями (наприклад, АМІ) та датчиками, призводить до суттєвих змін у парадигмах управління електричними мережами та зв'язку. Ці нові системи енерго IoT ускладнені з

точки зору експлуатаційних вимог, потреб магістральної мережі зв'язку та взаємодії даних. Розподілені архітектури управління мікромережею за своєю суттю покладаються на тісну взаємодію між кібер- та фізичним рівнями; отже, мережеві інформаційні системи є основними компонентами мікромереж.

Робота виконана в рамках НДР кафедри № 2218 за темою: "Гетерогенна мережа збору, передачі та обробки інформації для системи розподіленої генерації MicroGrid." (Номер державної реєстрації - № 0119U001184)

### **Об'єкт дослідження**

Процес створення системи MicroGrid

### **Предмет дослідження**

Модифікована онтологічна модель системи MicroGrid

### **Мета**

Підвищити ефективність створення системи MicroGrid за рахунок побудови та застосування онтологічної моделі.

### **Задачі**

- Проаналізувати проблеми побудови та інтеграцій онтологічних моделей
- Проаналізувати структуру та характеристики системи MicroGrid
- Провести аналіз технологій розподіленого реєстру
- Дослідити особливості онтологічної моделі системи MicroGrid
- Модифікувати онтологічну модель MicroGrid
- Розробити стартап-проект
- Оцінити запропоноване рішення

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ОНТОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ТА СПОСОБІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ MICROGRID

#### 1.1 Онтологічна модель та її представлення

Онтологія — це загальноприйнята і загальнодоступна концептуалізація певної області знань (світу, середовища), яка містить базис для моделювання цієї області знань і визначає протоколи для взаємодії між агентами, які використовують знання з цієї області, і, нарешті, включає домовленості про представлення теоретичних основ даної області знань.

Розвиток розподілених ІС тісно пов'язане з концептуалізації онтологічних категорій, вдосконаленням ієрархічних структур знань на всіх рівнях, побудовою формальної системи аксіом і обмежень, які забезпечують вирішення завдань інтеграції гетерогенних ресурсів знань і даних для підтримки ефективної взаємодії ІС. У структуру розподілених ІС [1] входять різномірні бази знань, що мають власні локальні інформаційні моделі з різними стандартами опису і представлення даних і знань. При злитті їх в глобальну модель породжується безліч конфліктів: використання різної термінології при позначенні схожих понять предметної області ІС; неоднорідність специфікацій на рівні модельної і понятійної семантики; ідентифікація та перетворення неоднорідних структур даних і знань. Все це робить проблему інтеграції досить складною і багаторівневою, для вирішення якої слід в обов'язковому порядку брати до уваги як структурні та синтаксичні відмінності моделей даних і знань, які породжують схематичну гетерогенність, так і семантичні властивості об'єктів даних для забезпечення смислової інтероперабельності даних і дозволу семантичних конфліктів.

Пропонується модель інтеграції неоднорідних даних і знань розподілених ІС, яка зводиться до побудови відображень і встановлення взаємозв'язків у єдиній онтологічній моделі з урахуванням узгодження множинних онтологій ІС на рівнях модельної і понятійної семантики. Складність моделі вибирається,

виходячи з необхідної їй виразною можливості і заданого набору семантичних залежностей.

У рішенні проблеми інтеграції важливу роль відіграє онтологічна модель представлення даних зі своєю специфічною семантикою, яка надає механізми організації роботи з даними для кінцевого користувача. Для забезпечення семантичної інтероперабельності неоднорідних ресурсів даних та знань в контексті предметної області ІС необхідно з'ясувати спільність і відмінності онтологій, що лежать в їх основі, узгодити неоднорідні онтологічні специфікації і на базі відповідностей онтологічних моделей, здійснювати перетворення інформації. Як наслідок, забезпечується спільна робота неоднорідних даних і знань в контексті предметної області ІС на семантично значущому рівні.

Сучасні методи інтеграції онтологій можна розділити на два типи: з заміщенням нової онтологією вихідних (новостворена онтологія використовується замість інтегрованих) і зі спільним використанням інтегрованої і вихідних онтологій. Методи другого типу мають більшу гнучкість, оскільки дозволяють більшою мірою зберегти і надалі використовувати структуру вже наявних онтологій. У той же час, у разі використання однієї глобальної онтології, необхідно включати в неї все терміни вихідних онтологій, що тягне за собою труднощі, пов'язані з перебудовою зв'язків з уже наявними термінами і дозволом семантичних конфліктів. З цієї причини методи першого типу виявляються застосовні лише в тому випадку, коли набір інтегрованих онтологій відомий заздалегідь і його розширення не передбачається.

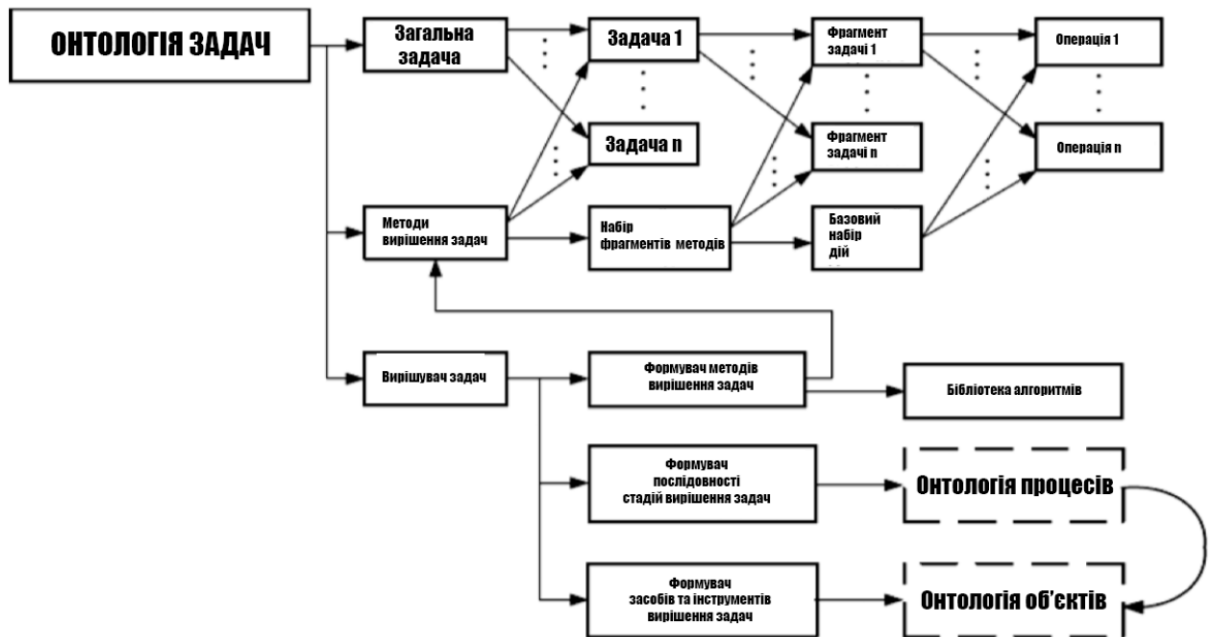


Рис. 1.1 Онтологія вирішення задач

### Проблеми інтеграцій та відображення онтологічних моделей

Проблема інтеграції даних і знань характеризується великою різноманітністю постановок задач, підходів і методів, використовуваних для їх вирішення. У загальному випадку задача [2] інтеграції полягає в такому логічному об'єднанні даних, що належать різнорідним джерелам, яке забезпечує єдине уявлення і оперування цими даними.

На сьогоднішній день можна виділити три основні складові проблеми інтеграції даних і знань:

- розробка схем інтеграції, що забезпечують уніфіковане представлення даних різних джерел на основі єдиної онтологічної моделі
- вироблення відображень між онтологічними моделями
- розробка способів маніпулювання

При інтеграції онтологій для узгодження прикладних контекстів необхідно вирішити такі завдання:

- зв'язування специфікацій інформаційних джерел зі специфікаціями предметної області для відображення їх неявної семантики

- приведення формалізмів різних онтологій до одного для можливості порівняння уявлень про предметну область
- відображення онтологічних контекстів в одному формалізмі з метою їх узгодження
- семантичне зв'язування елементів об'єктних схем інформаційних джерел і розв'язуваної над ними завдання на основі зв'язку онтологічних понять

З найбільш загальної точки зору важливість завдання відображення онтологій обумовлена тим фактом, що потужність знань, укладених в онтологіях, проявляється в повній мірі тільки в тому випадку, коли вдається врахувати взаємозв'язку незалежних онтологій - встановлення факту подібності сутностей в різних онтологіях означає вилучення з цих онтологій додаткових знань.

Проблема відображення онтологій є актуальною з самого початку використання онтологій при створенні інформаційних систем. Аналіз стану досліджень відповідних методів показав, що ця тема досліджена досі недостатньо глибоко. Розробляються методи, в основному, неформальні і мають безліч відкритих питань. Говорячи про неоднорідні онтології, ми маємо на увазі, що дві (або більше) онтології по-різному описують одну й ту ж предметну область або близькі предметні області з точки зору різних спільнот.

Відображення онтологій є невід'ємною частиною більшості завдань узгодження онтологій, таких як злиття, вирівнювання онтологій, модифікація однієї онтології для досягнення однорідності з іншого. Відображення онтології полягає в знаходженні семантичних зв'язків подібних елементів з різних онтологій. Вирівнювання онтологій полягає в тому, щоб встановити різні види відповідності (або зв'язку) між двома онтологіями, а потім повторно зберегти вихідні онтології і таким чином надалі використовувати інформацію один одного. Об'єднання онтологій - генерація однієї узгодженої онтології з двох вихідних.



Завдання інтеграції визначається як процес встановлення відображення неоднорідних онтологій на рівні відповідності з можливістю розширення безлічі операцій (способів маніпулювання) над ними на семантично значущому рівні. Такий підхід дозволить визначити семантично пріоритетні об'єкти даних і знань для їх подання до моделі інтеграції, а також усунути дублювання і протиріччя сутностей і зв'язків на рівні предметної області та об'єктів даних з областей інтеграції.

Для реалізації підходу запропонований алгоритм, який включає в себе 6 операцій, що виконуються послідовно, для відображення онтології (рис. 1.2).



Рис. 1.2 Процес відображення

1. Функція трансляції онтологій (аналіз елементів онтології), тобто перетворення до одного формату початкового уявлення онтологій, зазвичай призводять до формату RDF (S), тому що він вважається стандартним при роботі з онтологіями.

2. Вибір наступного кроку пошуку кандидатів. Вибір експертом алгоритму пошуку семантичної близькості і семантичного відстані між парами концептів, в залежності від поставленої мети.

3. Обчислення подібності, визначення подібностей між парами понять онтологій, обчислюється на етапі зіставлення онтологій.

4. Агрегація подібностей, тобто об'єднання сутностей в одне підсумкове значення, підтвердження відображення зв'язків. Серед пар збіглися сутностей вибирається та, у якій міра семантичної близькості більше, поріг подібності вибирається евристичний.

5. Інтерпретація, формування відображення між елементами онтологій на підставі подібностей. Зіставлення назв понять, привласнення обраному класу синтезованого імені від двох інших.

6. Ітерація (повторення декількох кроків алгоритму), проходить в кілька етапів і зупиняється, коли не може знайти нових відображень.

Основними критеріями алгоритму відображення елементів інтегрованих онтологій є близькість і несуперечливість якої мається на увазі понятійної семантики.

## **1.2 Огляд системи MicroGrid**

### **1.2.1 Опис системи**

Або по іншому мікромережа [3] - це локальна енергосистема, яка передбачає створення на певній території власних енергомережевих структур здатних працювати в тому числі автономно. Вона являє собою масштабоване рішення, яке може використовуватись за декількома сценаріями, від окремих будівель до цілих громад, може оснащатися гнучкими засобами зв'язку, які дозволяють контролювати і управляти всіма енергетичними ресурсами даної системи.

MicroGrid включає набір генеруючих джерел і набір споживачів. Генеруючі об'єкти представлені комбінацією традиційних джерел, що працюють на дизелі (дизель-генератори) або газі (газо-поршневі двигуни), малими гідростанціями і ВДЕ (в основному вітроустановками і сонячними станціями). Можлива будь-яка комбінація зазначених джерел, і якщо основною причиною для використання ВДЕ є чисто економічний ефект (субсидії, гарантований тариф і т. д.) Або зниження витрат основного палива, то тип джерела електроенергії особливого значення не має. Варто відзначити, що заміщення традиційного джерела «зеленим» також позитивно відіб'ється на екологічному аспекті. Якщо кінцевому споживачеві важливо знизити шкідливі викиди від традиційних джерел і поліпшити рівень життя, то для власників генерації застосування ВДЕ ще і знижує оподаткування за шкідливі викиди. У деяких країнах цей фактор став вирішальним для застосування ВДЕ в локальних мережах.

Основні негативні фактори застосування ВДЕ і їх впливу на локальну мережу криються в самому принципі вироблення енергії, так як вона залежить від кліматичних умов. Наприклад, виключається чисто острівної режим роботи: ВДЕ відключаються оператором мережі при появі острівного режиму, в якому беруть участь або були б задіяні тільки альтернативні джерела. Другий важливий фактор - це висока волатильність при виробленні самої енергії. Також можна відзначити слабку прогнозованість обсягу виробленої енергії.

### **1.2.2 Типи мереж MicroGrid**

- Кампусні мікромережі

Ціллю кампусних мікромереж є агрегування існуючої генерації на місці з кількома навантаженнями, розташованими в тісній географії, де власник легко керує ними

- Сполучені мікромережі

Microgrid може обслуговувати декілька тисяч клієнтів і підтримувати проникнення місцевої енергії (електроенергія, опалення та охолодження). У мікросередовищі для спільноти деякі будинки можуть мати деякі поновлювані джерела, які можуть забезпечити їх попит, а також їхні сусіди в межах однієї громади. Також вона може мати централізований або кілька розподілених сховищ енергії. Такі мікросередовища можуть бути у формі змінного струму і постійного струму, з'єднаних разом через двонаправлений силовий електронний перетворювач.

- Віддалені мікромережі

Ці мікросередовища ніколи не підключаються до основної мережі, через економічні питання або географічне положення, і замість цього працюють в острівному режимі. Як правило, мікросередовище «поза електромережею» побудовано в районах, які знаходяться далеко від будь-якої інфраструктури передачі і розподілу і, отже, не мають зв'язку з комунальною мережею. Дослідження показали, що експлуатація віддалених районів або острівних

мікросетей, де переважають відновлювані джерела енергії, зменшить вартість виробництва електроенергії за час існування таких проектів.

Великі віддалені райони можуть забезпечуватися кількома незалежними мікромережами, кожна з яких має іншого власника (оператора). Хоча такі мікросередовища традиційно розроблені як енергетичні самодостатні, переривчасті поновлювані джерела та їх несподівані та різкі зміни можуть викликати несподіваний недолік енергії або надмірну генерацію в цих мікросередовищах. Це негайно призведе до неприйнятної відхилення напруги або частоти в мікромережу. Для усунення таких ситуацій можна тимчасово з'єднати такі мікромережі з відповідним сусіднім мікросередовищем для обміну потужністю і поліпшення відхилень напруги і частоти. Це можна досягти за допомогою перемикача на основі силової електроніки після належної синхронізації або через зворотне підключення двох силових електронних перетворювачів і після підтвердження стабільності нової системи. Визначення необхідності взаємозв'язку сусідніх мікромереж і знаходження відповідного мікросередовища для сполучення може бути досягнуто за допомогою підходів оптимізації або прийняття рішень.

- Мікромережі для воєнних баз

Ці мікромережі активно розгортаються з орієнтацією як на фізичну, так і на кібербезпеку військових об'єктів з метою забезпечення надійної енергетики без опори на основну мережу.

- Комерційні та промислові мікромережі

Ці типи мікромережі швидко дозрівають у Північній Америці та Азіатсько-Тихоокеанському регіоні; однак відсутність добре відомих стандартів для цих типів мікросетей обмежує їх у глобальному масштабі. Основними причинами встановлення промислової мікромережі є безпека електроживлення та її надійність. Існує багато виробничих процесів, в яких переривання енергопостачання може призвести до великих втрат доходів і тривалого часу запуску. Промислові мікромережі можуть бути розроблені для постачання промислових процесів, а також можуть інтегрувати виробництво теплової та

електричної енергії (ТЕЦ), що живиться від відновлюваних джерел та переробки відходів; Зберігання енергії може додатково використовуватися для оптимізації операцій цих підсистем.

### Основні компоненти MicroGrid:



Рис. 1.3 Основні компоненти системи MicroGrid

- Локальна генерація

Мікромережа представляє різні типи джерел генерації, які споживають електроенергію, опалення та охолодження. Ці джерела поділяються на дві основні групи - джерела теплової енергії (наприклад, генератори природного газу або біогазу або мікро комбіновані) та джерела відновлюваної генерації (наприклад, вітрогенератори, сонячні батареї).

- Споживання

У мікромережі споживання просто відноситься до елементів, які споживають електроенергію, тепло і охолодження, які варіюються від окремих пристроїв до освітлення, опалювальної системи будинків, комерційних центрів

і т.д. У випадку контрольованих навантажень, споживання електроенергії може бути змінено в залежності від мережі.

- Зберігання енергії

У мікромережах зберігання енергії здатне виконувати кілька функцій, таких як забезпечення якості електроенергії, включаючи регулювання частоти і напруги, згладжування виходу відновлюваних джерел енергії, забезпечення резервного живлення для системи і відіграє вирішальну роль у оптимізації витрат. Вона включає всі електричні, тиску, гравітаційні, маховикові та технології зберігання тепла. Коли в мікромережі є кілька запам'ятовуючих пристроїв енергії з різними ємностями, бажано координувати їх зарядку і розрядку таким чином, щоб менший запас енергії не розряджався швидше, ніж ті, що мають більші потужності. Також бажано, щоб менший не був повністю заряджений до тих, хто має більші потужності. Це може бути досягнуто за допомогою скоординованого контролю за зберіганням енергії на основі їхнього стану заряду. Якщо використовуються кілька систем зберігання енергії (можливо, працюють за різними технологіями), і вони керуються унікальним блоком контролю (Energy Management System - EMS), ієрархічне управління, засноване на архітектурі master / slaves, може забезпечити найкращі операції, особливо в острівному режимі

- Точка загального зв'язку

Це точка в електричному ланцюзі, де мікромережа з'єднана з основною мережею. Мікромережі, які не мають ТЗЗ, називаються ізольованими мікросередовищами, які зазвичай представлені у випадку віддалених об'єктів (наприклад, віддалених громад або віддалених промислових об'єктів), де взаємозв'язок з основною мережею неможливий через технічні чи економічні обмеження.

### **1.2.3 Головні принципи побудови системи MicroGrid:**

- Використання теорії фракталів.

Фрактали є складними системами, створені шляхом повторення простих моделей, подібних до неї самої, на всіх рівнях. MicroGrid побудовано на базі поняття фракталів з вузлів і з'єднань, де кожен вузол включає в себе локально оптимізовані PER і навантаження. Кожен вузол незалежний і здатний працювати як автономно, так і в координації з макро-системами.

Ця концепція спрощує побудову системи, так як електрична мережа складається з комбінації стабільних і оптимізованих блоків, які працюють в координації. Така архітектура може бути розширена окремими компонентами, які утворюватимуть все більш і більш складні і більші системи.

- Розподілена ієрархія.

Масштабованість системи забезпечується програмним забезпеченням на кожному із рівнів мережі. Кожен вузол включає в себе логіку, і здатен працювати автономно або ж за допомогою сигналів централізованого управління. Вихід за межі традиційної командно-контрольної архітектури існуючої електричної мережі, дозволяє вирішувати все складніші проблеми контролю та оптимізації. Розподілені системи забезпечують інтеграцію і координацію значно більшої кількості PER, що важко реалізувати через централізовані системи.

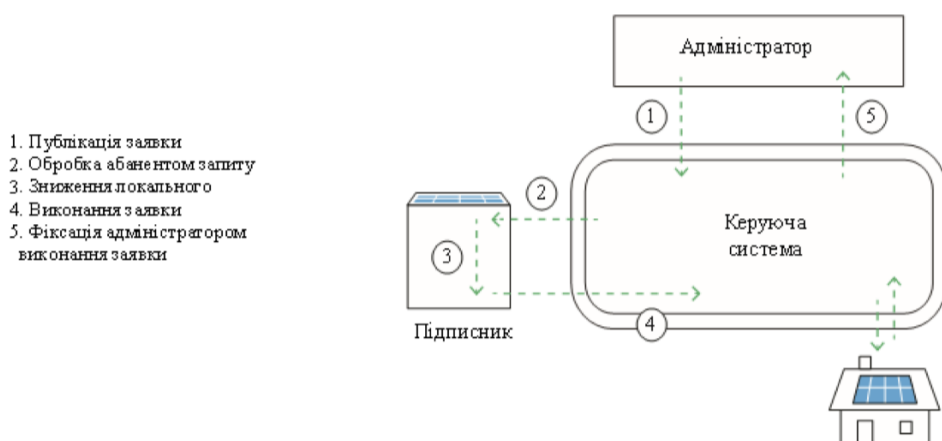


Рис. 1.5 Схема відпрацювання методу публікації-підписки

Одним з найпоширеніших застосувань MicroGrid є реалізація розумних будинків та будівель. Кожен розумний будинок містить різноманітний набір

керованих енергетичних ресурсів, в тому числі сонячні панелі, акумуляторні батареї та регульовані навантаження.

MicroGrid системи можуть використовувати власний комунікаційний протокол, заснований на методі публікації-підписки в системі обміну повідомленнями (рис. 1.5).

Для забезпечення зв'язку, центральний координатор і кожен PER додаються в якості учасників в системі. Кожен учасник використовує систему, щоб опублікувати свій статус і підписатися на повідомлення від інших учасників, які потім можуть бути використані. Це створює слабо зв'язану і масштабовану систему, де PER можуть бути додані або вилучені без істотного впливу на інші частини системи.

Далі будуть перераховані деякі технології, які дають змогу втілювати ідеї MicroGrid в життя:

### **Силова електроніка**

Нове покоління сигової електроніки істотно спирається на використання вбудованих контролерів. Відповідно вони легше інтегруються в комп'ютерні мережі.

- Напівпровідникові трансформатори, які покращують якість енергії, дозволяють індивідуалізувати параметри і досягти «цифрового» якості продукції, що поставляється енергії.
- Приводу для ефективної інтеграції вітрових генераторів в мережу.
- Напівпровідникові ізолюючі
- Пристрої вимірювання векторів струмів і напруг, що інтегруються в системи релейного захисту.

### **Програмне забезпечення**

- Сервіс-орієнтовані архітектури
- Семантичні веб-сервіси
- Мета-моделі подання знань
- Онтологічні моделі

### **Комп'ютерне обладнання автоматизації**



- Вбудовані контролери, такі покоління віддалених термінальних пристроїв (RTU), інтелектуальні пристрої управління (IED)
- Бездротові мережі датчиків

### **Теорії і технології управління**

- Нелінійне управління, штучний інтелект, нейронні мережі, моделі інтелектуального управління
- Мультиагентні системи, системи розподілених прийнять рішень засновані на консенсусі та механізмах голосування
- Нові технології розподілення автоматизації (IEC 61499)

### **Мережеві технології**

- Протоколи високого рівня (IEC 61850, GOOSE, DNP3)
- Широкосмугові провідні та безпроводні мережі
- Комунікації через силові лінії (PLC - Power line communication)

Структура системи з розподіленими енергетичними ресурсами зображена на рис. 1.4.

Система MicroGrid об'єднує альтернативні джерела енергії (фотогенератори, вітроустановки), акумуляторні батареї, традиційні джерела енергії (дизельні генератори, паливні елементи) та керовані навантаження для забезпечення енергетичних потреб споживачів.

Важливими задачами системи є забезпечення економії енергії, в тому числі і роботу всієї системи в автономному режимі.

Для оптимізації та контролю в системі використовуються алгоритми динамічного управління, які контролюють ресурси. Кожен РЕР контролюється і керується локально, але його робота координується через центральну систему керування. Алгоритми керування працюють в режимі реального часу для оптимізації навантаження мережі та забезпечення надійного енергопостачання енергії.

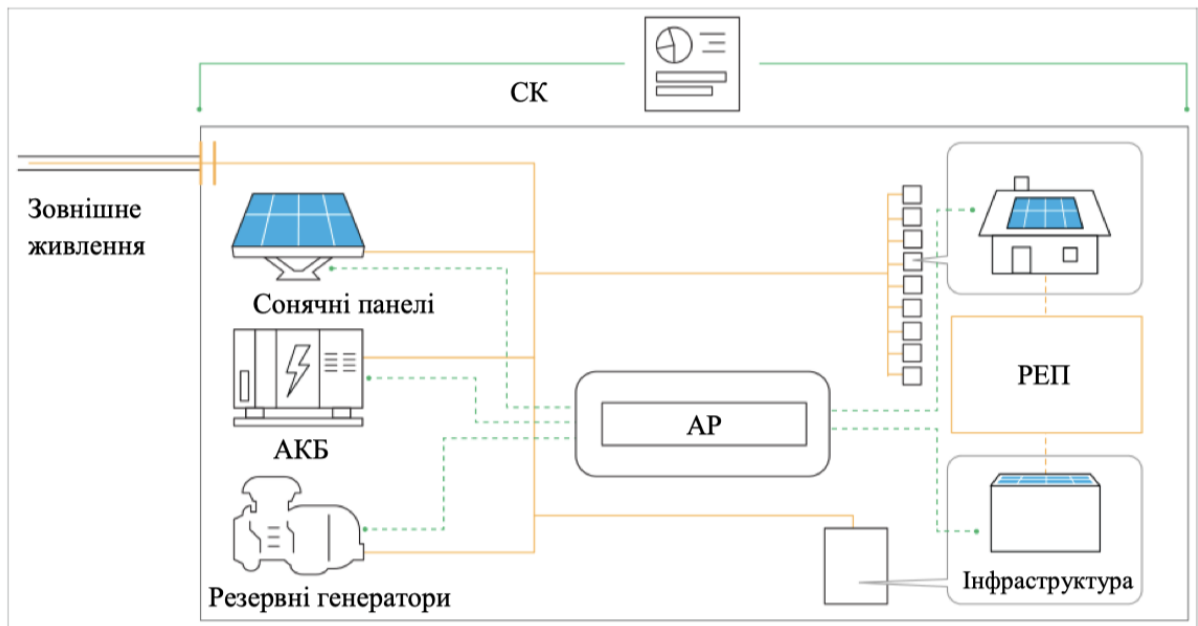


Рис. 1.4 Структура з розподіленими енергетичними ресурсами

### 1.3 Характеристики та області застосування системи MicroGrid

#### Підвищення ефективності енергоспоживання

Певне підвищення ефективності енергоспоживання може бути досягнуто за рахунок зниження пікових навантажень. Це досягається введенням спотового ринку електроенергії з можливістю динамічного встановлення ціни на онлайн-ринку аж до кінцевого споживача. При наявності інформації про поточну ціну, система набуває елементи саморегулювання, стимулюючи споживачів відмовитися від деяких послуг або перенести їх на інший час. Комп'ютерні технології надають великий набір відповідних сервісів, наприклад: збір детальних результатів вимірювань енергоспоживання аж до кожного електроприладу і подання їх споживачеві в реальному часі (smart metering), можливість автоматичного зниження споживання при зростанні ціни шляхом відключення неперіоритетних навантажень, і т.д. Поряд з цим, досліджуються можливості збереженої енергії в періоди низьких цін, з використанням в періоди пікового попиту. Відповідні технології включають акумуляторні батареї, конденсатори, а також механічні системи, наприклад, стиснення

повітря. Однак, дослідження показують, що більша частина з цих технологій економічно нерентабельна в даний час.

### **Поновлювані джерела енергії**

Існуючі технології поки не дозволяють досягти стійких систем побудованих на 100% використанні поновлюваних джерел енергії (вітер, сонце). Інтеграція таких джерел з традиційними пов'язана з багатьма проблемами. Завдання динамічного балансу споживання і генерації може вирішуватися як на макро, так і на мікро рівні. Концепція MicroGrid полягає в тому, щоб досягти оптимального співвідношення між генерацією і споживанням на рівні мікро-району або селища, припускаючи, що в багатьох домогосподарствах присутні власні генеруючі потужності, і система розподілу дозволяє продавати енергію сусідам або купувати її в міру необхідності.

### **Електромобілі**

Автомобілі, що заряджаються від розетки, є реальністю сьогоднішнього дня. Практично немає розбіжностей серед експертів і в тому, що ця технологія стане домінуючою в найближчі роки і десятиліття. Наскільки системи електропостачання готові до цієї радикальної зміни?

В даний час ведуться широкі дослідження в напрямку V2G (vehicle to grid). Величезні перспективи інформаційних технологій в зв'язку з цим. «Розумні» автомобілі, підключені до Інтернету і володіють інформацією про своє місце знаходження, будуть здатні планувати найбільш оптимальне місце і час підзарядки. Що для цього необхідно? В першу чергу, стандарти обміну інформацією, стандарти фізичного підключення до електромережі.

В зв'язку з цим, інтерес представляють і технології бездротової передачі електроенергії (наприклад індуктивної або ємкостної). Відповідні технології є і досягли високої ефективності передачі. Бездротова передача енергії може істотно полегшити створення інфраструктури підзарядки, аж до того, що підзарядка буде здійснюватися на кожному світлофорі, а розрахунки за енергію будуть проводитися в електронній формі.

### **Надійність, стабільність і безпека**

Електромережі є критичною інфраструктурою суспільства. Забезпечення стабільності, надійності і безпеки їх функціонування є одним з абсолютних пріоритетів в дослідженнях.

Однією з характеристик, зазначених у всіх «програмних» документах є «самолікування», що включає в себе автоматичну діагностику і ліквідацію аварій, недопущення каскадних відключень, швидке відновлення подачі енергії на відключені ділянки. Традиційний спосіб вирішення цих завдань полягає в використанні ієрархічної структури прийняття рішень. Однак, останнім часом активно ведуться роботи в області реалізації стратегій розподіленого прийняття рішень автономними локальними контролерами, взаємодіючими один з одним.

Слід зазначити, що MicroGrid пов'язує енергетичну інфраструктуру з комунікаційними інфраструктурами (інтернет, стільниковий зв'язок), що може мати як позитивні, так і негативні наслідки для надійності обох.

### **Області застосування MicroGrid**

Основними областями застосування даної системи є регіони з критичними потребами резервного постачання та регіони з несприятливим кліматом. Прикладом таких регіонів є університетські та корпоративні містечка, стадіони, у порти, виробничі зони та території військових частин.

Одним з найбільших перших замовників рішень Smart Microgrid стали муніципалітети штату Коннектикут. "За останні два роки по території нашого штату пронеслося кілька ураганів, які п'ять разів пошкоджували централізовану мережу електропередачі, - каже Алекс Крейгі (Alex Kragie), один з керівників департаменту енергетики і охорони природи цього штату. - У таких випадках громадяни щиро обурюються, але лише до тих пір, поки не дізнаються, скільки коштує укладання кабелю під землею".

Схема автономного енергопостачання найважливіших об'єктів при аварії на зовнішній мережі зображено на рис. 1.5.

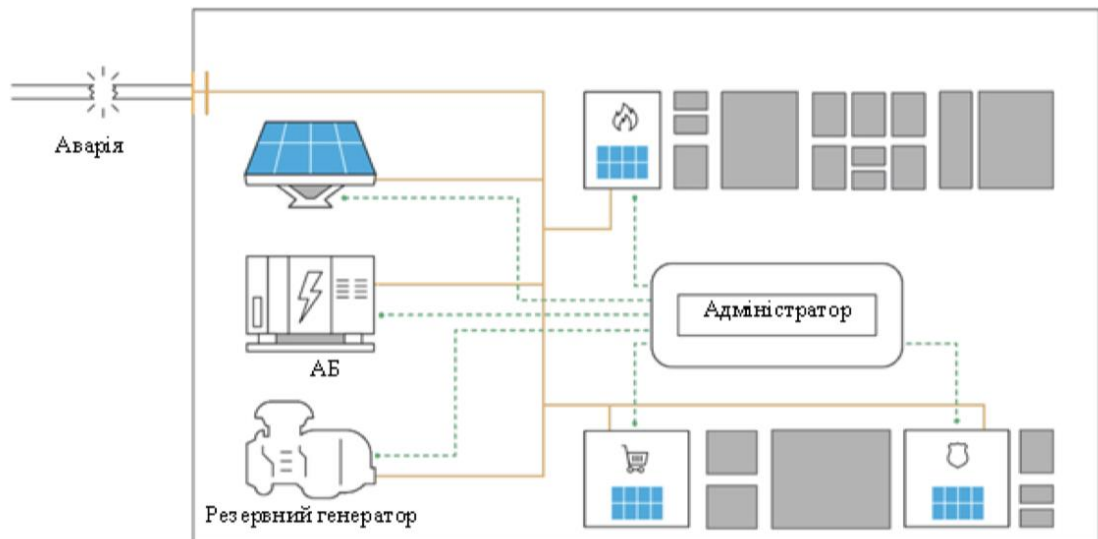


Рис. 1.6 Аварійна ситуація в мережі

Мікромережі здатні пом'якшити енергетичні проблеми штату. В даний час вони будуються в дев'яти муніципальних утвореннях Коннектикуту. "Мікромережі добре масштабуються, - зазначає Алекс Крейгі, - але наші міста дуже щільно забудовані і відрізняються високою скупченістю. Наприклад, в Бріджпорті відділення поліції, пожежна охорона і будинок престарілих розташовані в безпосередній близькості один до одного. У Хартфорді на п'ятачку діаметром в декілька сотень метрів розташовуються школа, будинок для людей похилого віку, бензозаправка і продуктовий магазин".

Крейгі вважає, що в таких містах мікромережі можуть гарантувати безперебійне енергопостачання банків, водоочисних споруд, аптек і державних притулків: "Наша мета полягає в тому, щоб підвищити безпеку громадян і зручність життя в разі відключення електроенергії. Якщо природні катаклізми стають нормою, то потрібно будувати надійніші системи

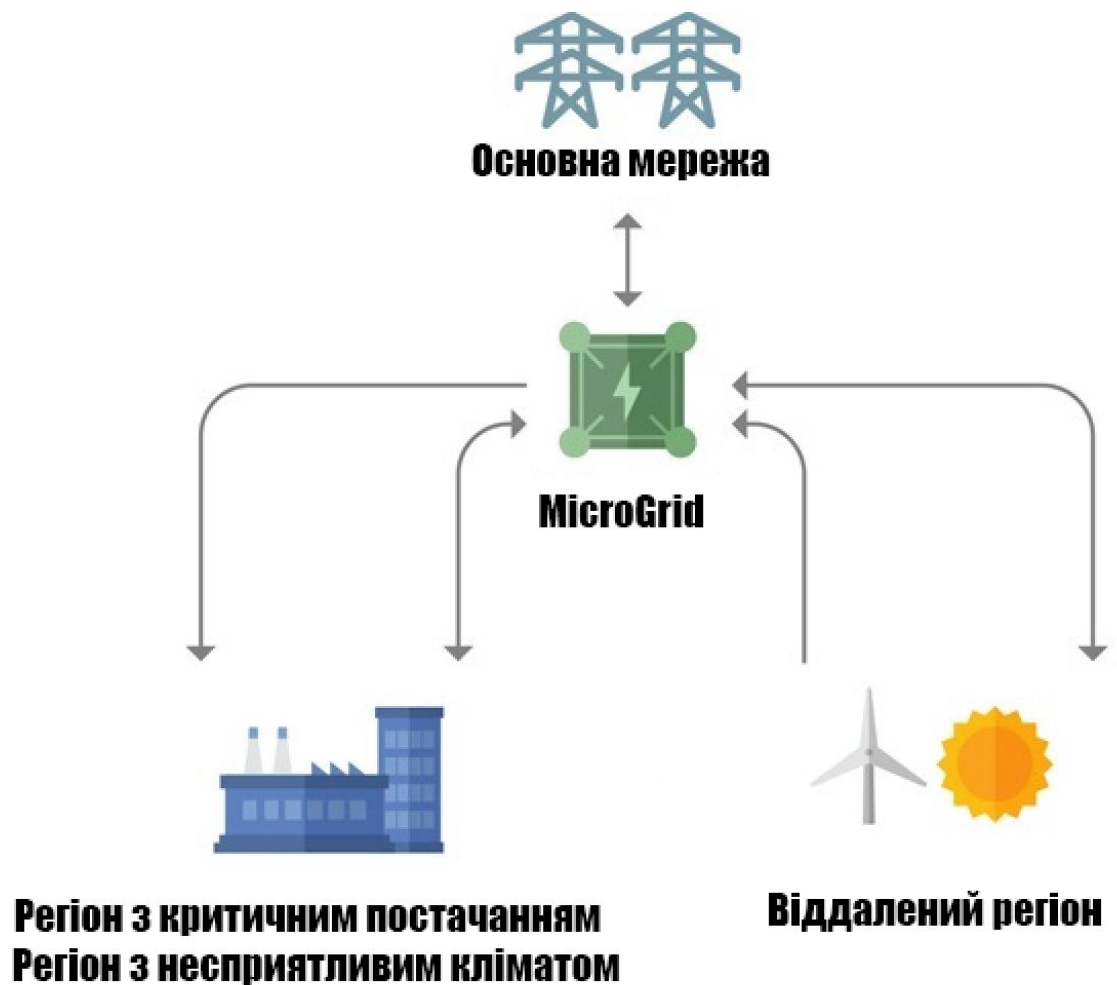


Рис. 1.7 Области застосування системи MicroGrid

Віддалені регіони є другою областю застосування системи MicroGrid.

Енергетичні мікромережі розгортають в самих різних місцях як в розвинених, так і в країнах, що розвиваються. За словами Террі Мона (Terry Mohn), головного виконавчого директора компанії General Microgrids з Сан-Дієго (штат Каліфорнія), левову частку бізнесу його компанія веде за кордоном, електрифікуємо сільські райони в таких країнах, як Кенія і Індія. "Ми працюємо з урядами тих країн, де енергетична інфраструктура розвинена дуже погано", говорить він, додаючи, що, в залежності від місцевих умов, як джерело енергії для мікросетей виступають акумуляторні або сонячні (фотоелектричні) батареї.

"Ми не будемо довгі лінії електропередачі, а передаємо енергію через розподілені системи мікромереж, - зазначає Террі Мон. - Це дозволяє створювати двонаправлені потоки енергії. Як тільки в певній зоні виникає

надлишок енергії, ця зона стає джерелом енергії для сусідніх сіл і селищ". За словами Мона, енергія, що виробляється його мікромереж, використовується виключно для очищення води. Таким чином, мікромережі, розгорнуті його компанією, допомагають підвищувати врожаї, але не використовуються для розвитку мережевих з'єднань.

На відміну від країн, що розвиваються, в промислово розвиненому світі мікромережі можна, крім іншого, використовувати для розвитку мережевих з'єднань. "Доступ в Інтернет можна підтримувати за допомогою як бездротових, так і провідних каналів, - зазначає Алекс і. - Менеджери кожної енергетичної мікромережі будуть самі вирішувати, як здійснювати комунікації з максимальною ефективністю".

Мікромережі безумовно є частиною Інтернету речей. "Якщо Інтернет речей розуміти як здатність інтелектуальних пристроїв до обміну інформацією, - каже Пол Сентолелла, - то на елементарному рівні це означатиме обмін даними про функціонування розподілених ресурсів між елементами енергетичної мережі та операторами. Згодом такий інформаційний обмін може привести до створення багаторівневої архітектури управління".

#### **1.4 Застосування хмарних сховищ в онтологічних моделях**

Хмарне сховище - це модель хмарних обчислень, яка передбачає зберігання даних в мережі інтернет за допомогою постачальника хмарних обчислювальних ресурсів, який надає сховище даних як сервіс і забезпечує управління ним. Хмарне сховище надається на вимогу в необхідному обсязі, оплачується за фактом використання і позбавляє від необхідності купувати власну інфраструктуру для зберігання даних і керувати нею. Це забезпечує гнучкість, глобальну масштабованість і надійність. Дані доступні в будь-який час і в будь-якому місці.

Хмарне сховище можна купити у стороннього постачальника хмарних сервісів, який володіє ресурсами сховища даних, управляє ними і надає доступ до них через інтернет з оплатою за фактом використання. Постачальники

хмарних сховищ відповідають за стан ресурсів, безпеку і надійність, забезпечуючи доступність даних для додатків клієнтів по всьому світу.

Додатки отримують доступ до хмарного сховища через традиційні протоколи зберігання даних або безпосередньо через API. Багато постачальників пропонують додаткові сервіси, призначені для захисту, збору і аналізу даних у величезних масштабах, а також управління ними.

### **Переваги хмарного зберігання:**

#### **Сукупна вартість володіння**

Завдяки хмарному сховищу вам не потрібно купувати обладнання, виділяти ресурси для сховища або витратити кошти на те, що «коли-небудь стане в нагоді». Ви можете додавати або видаляти ресурси на вимогу, швидко змінювати продуктивність та термін зберігання. І при цьому ви будете платити тільки за використовувані ресурси. Дані, які використовуються не так часто, можна автоматично переміщати на більш економічні рівні за правилами, які легко контролювати. Це дозволяє забезпечити економію при великих обсягах.

#### **Час до розгортання**

Коли групи розробки готові до запуску проектів, інфраструктура не повинна їх стримувати. Хмарне сховище дозволяє ІТ-фахівцям швидко виділяти необхідний простір для зберігання даних саме тоді, коли це потрібно. В результаті ІТ-фахівці можуть зосередитися на вирішенні складних проблем, пов'язаних з додатками, а не на питаннях управління системами зберігання даних.

### **Управління інформацією**

Централізоване сховище в хмарі створює величезні можливості для нових прикладів використання. Використовуючи політики управління життєвим циклом в хмарному сховищі, можна вирішувати важливі завдання, пов'язані з управлінням інформацією, включаючи автоматичний розподіл за рівнями або блокування даних з метою дотримання вимог.

Онтологія розглядається як одна з головних складових семантичного інтернету, що використовується для представлення, придбання та використання



знань, щоб допомогти машинам зрозуміти зміст змісту різних веб-ресурсів, що збільшує можливості автоматизованої обробки інформації. Онтологія забезпечує добре визначений словник, який визначає різні гетерогенні ресурси даних або файли, включаючи структуровані, напівструктурні та неструктуровані файли.



Рис. 1.8 Піраміда метаданих від синтаксису до семантики

Існують різні методи побудови або повторного використання онтологій. Метод Грюнінгера і Фокса добре підходить для визначення обсягу онтології. Головна причина використання OWL - це здатність цієї мови онтології розширюватися в майбутньому відповідно до потреб клієнтів як рекомендованого W3C словника лютого 2014 року (W3C) і представляти собою різні семантичні відносини. Що потрібно від онтології в такому стані:

- Ідентифікація ресурсу: описує домен, ім'я та тему ресурсу, крім автора, та ключові слова
- Структура рекурсії: описує зв'язок між різними компонентів всередині ресурсу
- Адміністрування: це дозволить авторизації та права на зміну документів. Методологія складається з п'яти основних етапів. Перша фаза називається «Фаза специфікації», яка описує цілі,

сферу, область та обмеження онтологія. Другий етап називається «Концептуальною фазою», яка відповідає за розробку та організацію різних класів, екземплярів та відносин. Третя фаза – «Фаза впровадження», яка використовує онтологію, яка містить близько 93 класів, включаючи сервери репліки, класи користувачів і файлів, на додаток до різних властивостей, включаючи типи даних і властивості об'єктів, такі як файл, що створює привілеї, місце реплік і дати модифікації. Четверта фаза - це «Фаза розуміння», яка перевіряється з використанням методу для перевірки ієрархії класів і невідповідності. В той час як остання фаза є «Фаза оцінки», яка оцінює онтологію відповідно до простоти, сумісності, версії, життєвого циклу і експресивності.

## **1.5 Технології розподіленого реєстру**

Ведення записів завжди було централізованим процесом, що вимагав довіри до суб'єкта формування, ведення і зберігання реєстру. Єдині реєстри з ієрархічним доступом, які поширюються, оцінюються і редагуються мережею учасників, існували давно, але концепцію децентралізованого, розподіленого і безповоротного реєстру вперше було реалізовано технологією розподіленого реєстру (TRP). TRP є продуктом розвитку пірингових технологій, що використовуються Інтернетом, таких як електронна пошта, поширення музичних чи інших медіа-файлів та інтернет-телефонія. Передачі ж власності на активи за допомогою Інтернету на заваді ставала відсутність механізмів, які б гарантували, що актив передається його справжнім власником, а також механізмів захисту від подвійного витрачання.

### **1.5.1 Огляд технології**

У 2008 р. у Білій книзі біткоїна «Біткоїн: пірингова система електронної готівки» було запропоновано інноваційний підхід до трансферу коштів, що вирішував проблему запобігання подвійному витрачання у децентралізованій

платіжній системі. Базова технологія для біткоїна отримала назву блокчейну, що позначає спосіб організації і зберігання інформації та транзакцій у вигляді ланцюжка блоків. Згодом було винайдено інші способи організації трансферу активів у піринговій мережі, що привело до формування терміну «технологія розподіленого реєстру», аби позначати ширшу категорію технологій.

Технологія розподіленого реєстру (TPP) – це підхід до запису і поширення даних серед багатьох реєстрів даних, кожен з яких містить аналогічні записи і колективно підтримується і контролюється розподіленою мережею комп'ютерних серверів, які називають вузлами (nodes). Найважливішою інновацією TPP є те, що контроль над реєстром здійснює не на одна установа, а кілька або всі учасники системи – залежно від типу розподіленого реєстру. Фактично в розподіленому реєстрі (PP) жоден окремий учасник мережі не може доповнити реєстр і жоден окремий учасник не може затвердити нові доповнення до реєстру. Натомість визначений наперед децентралізований механізм консенсусу використовується для підтвердження нових записів, після чого вони вносяться до реєстру. TPP дозволяє учасникам, які керуються лише власними інтересами, у піринговій мережі колективно записувати перевірені дані, наприклад, записи про транзакції, без залучення третьої сторони, що користується загальною довірою. Усунення центрального учасника може не лише здешевити операції, але й посилити їхню безпеку, оскільки означає усунення єдиної точки атак на мережу. Аби пошкодити реєстр, атакуючому потрібно здобути контроль над більшістю серверів у мережі. Технологія розподіленого реєстру спирається на концепції криптографії, теорії ігор і пірингових мережових відносин. Ключовими особливостями технології розподіленого реєстру є:

- 1) розподілена природа реєстру
- 2) механізм консенсусу
- 3) криптографічні механізми

Блокчейн, особливий тип TPP, використовує криптографічні і алгоритмічні методи створення і перевірки постійно зростаючих даних, без

можливості їхнього зменшення, що набуває форми ланцюга так званих «блоків транзакцій».

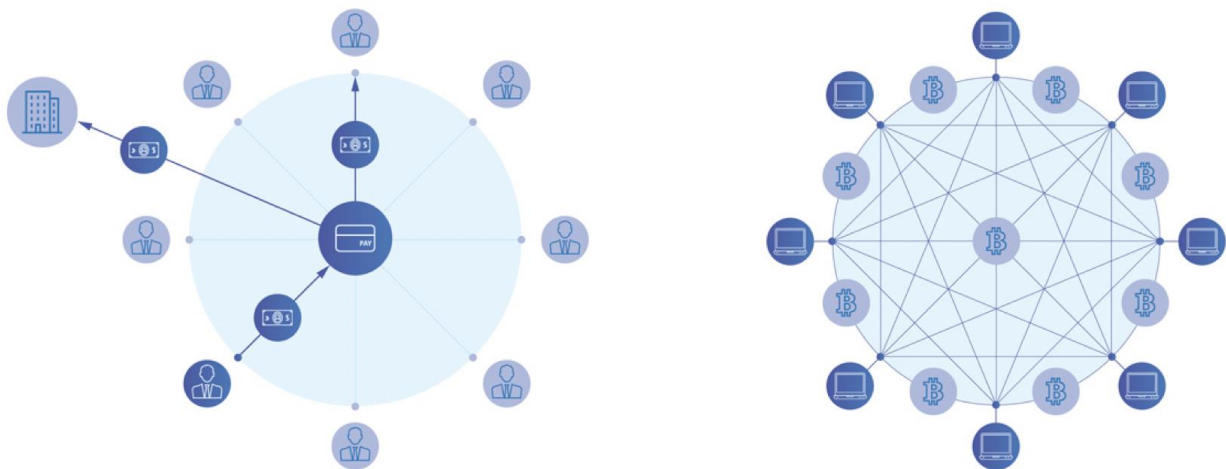


Рис. 2.9 Централізована мережа і блокчейн

Будь-яка електронна платіжна система повинна мати надійний метод запису транзакцій, з точністю якого погоджувалися б усі учасники. Для децентралізованої систем, це створює два виклики. Перший – це розробка безпечного і надійного методу для доповнення публічного реєстру. Другий – забезпечення координації ресурсів і створення необхідних стимулів для вкладення користувачами ресурсів у верифікацію транзакцій в умовах відсутності центрального органу ведення реєстру. Платник у даній системі створює повідомлення з трьома основними елементами: посилання на минулу транзакцію, через яку він отримав кошти, адреси для оплати і суми, яку він сплачує кожному. Кількість коштів, що надсилається на кожен адресу, береться з попередніх транзакцій, що наявні в мережі для перевірки. Створивши повідомлення, платник ставить цифровий підпис, аби підтвердити, що він контролює відповідну адресу. Цифрові підписи забезпечують математичне підтвердження, що певне повідомлення було затверджене певною особою. Вони є застосуванням криптографії публічного ключа, що спирається на два відокремлені, але математично взаємопов'язані ключі: один приватний і один публічний. Адреса коштів є різновидом публічного ключа, тобто такого, що

повідомляється учасникам системи. Адреси і їхні приватні ключі є випадковими потоками буквено-цифрових знаків.

Визначальною рисою розподіленої платіжної системи є спосіб, у який досягається консенсус щодо будь-якої пропонованої зміни реєстру. Досягнення консенсусу між людьми в мережі, де ніхто не може бути цілком певним, кому можна довіряти, довго було нерозв'язаною задачею в царині комп'ютерних наук. Для цього недостатньо забезпечити голосування користувачів за те, чи прийняти пропоновану зміну. Адже зазвичай одній особі нескладно створити багато вузлів у комп'ютерній мережі, щоб спотворити голосування. Натомість системи цифрових валют використовують теорію ігор і визнають, що сама по собі будь-яка пропонована зміна до реєстру є дешевою розмовою (cheap talk). Остання є терміном з теорії ігор, який означає комунікацію до початку гри, що, не потребуючи значних витрат, програмує хід гри. Для того, щоб пропоновану зміну до реєстру було прийнято іншими як істину, ті, хто пропонують зміну – майнери, що верифікують транзакції – повинні продемонструвати, що понесли витрати на генерування цієї пропозиції.

### **1.5.2 Основні параметри**

#### **1) Блокчейн**

Блокчейн - це технологія розподіленого реєстру, яка постійно записує список транзакцій, які називаються блоками. Мережа блокчейнів відмічає транзакції шляхом хешування їх у постійний ланцюжок Proof-of-Work (PoW) на основі хешу, утворюючи запис, який неможливо змінити без переробки PoW. PoW - це процес знаходження попси, випадкової величини, яка дає хешу блоку необхідні нульові біти. Вузол, який генерує транзакції, що реєструються в блокчейні, транслює транзакції на всі вузли в мережі блокчейн. Деякі конкретні вузли, відомі як майнери, збирають транзакції, не включені до блоку, і намагаються розгадати криптографічну головоломку під назвою PoW. Вузол, який першим вирішує головоломку, генерує новий блок і транслює блок на всі вузли. Вузли приймають блок лише в тому випадку, якщо всі транзакції в ньому

є дійсними і ще не витрачені. І блок підключається до попереднього блоку після перевірки блоку.

## 2) Транзакції

Транзакція є засобом передачі інформації для запису в блокчейн іншим вузлом. Кожна транзакція вимагає дійсного цифрового підпису, який може бути сформований за допомогою цифрових ключів, щоб бути включеним у блокчейн. Використання цифрового підпису забезпечує аутентифікацію та відмову від генератора транзакцій. Кожна транзакція перевіряється консенсусом більшості вузлів-учасників і ніколи не може бути стерта. Це називається цілісністю даних.

## 3) Приватний блокчейн

Існує два типи блокчейнів: загальнодоступний та приватний. Публічний блокчейн, такий як біткоїн (BTC) або ефір (ETH), може дозволити вузлам учасників входити в мережу без будь-яких обмежень. У цій мережі всі транзакції перевіряються та спільно використовуються усіма вузлами. З іншого боку, у приватному блокчейні вузли-учасники, які можуть брати участь у процесах читання, письма та консенсусу, заздалегідь визначаються. Крім того, за необхідності можна додавати або видаляти конкретні вузли. Таким чином, приватний блокчейн не може потрапити до мережі зловмисних вузлів і забезпечує достатній захист без такого процесу, як PoW. Крім того, вартість і час обробки можуть бути зменшені, оскільки досягається консенсус між попередньо призначеними вузлами-учасниками.

## **Висновки**

1. Для того щоб підвищити ефективність побудови системи MicroGrid потрібно проаналізувати онтологічні моделі. На основі аналізу виявлені переваги побудови систем на основі онтологічних моделей, оглянуті проблеми інтеграції і представлення самих моделей.
2. Проаналізувавши структуру, методи побудови, характеристики та області застосування системи MicroGrid, можна зробити певні висновки щодо доцільності і користі застосування даної системи в різних умовах, її переваги та недоліки, основні проблеми які вирішує дана системи, а також нюанси її побудови.
3. На основі аналізу технологій розподіленого реєстру можна зробити висновки про можливість та необхідність їх використання в мережі MicroGrid.

## РОЗДІЛ 2

### ОНТОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ТА ПРОТОТИП СИСТЕМИ MICROGRID

#### 2.1 Онтологічна модель системи MicroGrid

Оперативна сумісність є одним з важливих факторів для систем управління Microgrid, оскільки мікросередовище є підмножиною домену енергосистеми, де джерела генерації, особливо відновлювані, широко розподілені та експлуатуються системами управління виробництвом від різних постачальників. Крім того, також є розгортання пристроїв зберігання та перетворення енергії, що може ще більше ускладнити аспекти функціональної сумісності всієї системи. Для ізольованого мікросередовища повністю розподілена система управління підходить без центральної системи SCADA, де кожен контролер працює автономно в координації з іншими контролерами. Хоча конфігурація контролера в таких системах може бути виконана за допомогою простих інструментів параметризації на основі електронних таблиць, проблема виникає, коли компоненти системи третіх сторін повинні бути інтегровані в систему.

Спільною особливістю систем розподіленої генерації на основі відновлюваної енергії або мікро-джерел є інтерфейси силової електроніки, необхідні для перетворення енергії джерела виходу на сітку напруги. Загальноприйнято використовувати ієрархічну структуру керування для управління системою MicroGrid. Ієрархічна структура, як правило, складається з трьох широких шарів:

Первинний контроль, який стабілізує частоту і напругу за допомогою контролерів;

Вторинний контроль, що компенсує відхилення сталого стану в напрузі і частоті, викликані первинним контролем;

Третинний контроль, який враховує економічні міркування і визначає потужність потоку між мікросередовищем і комунальною мережею для досягнення оптимальної роботи. Для системи мікромережі комунікаційна



інфраструктура також має вирішальне значення, і вона вимагає бути гнучкою, масштабованою та безпечною. Архітектура зв'язку повинна базуватися на стандартній протоколі та стандартній онтологічній моделі.

Система MicroGrid є мініатюрною версією SmartGrid. Вона може мати декілька енергоблоків, що базуються на поновлюваних і невідновлюваних ресурсах, і навантажувальні одиниці. Як правило, кожна мікромережа розроблена і налаштована для спеціальних потреб в живленні додатків. Вона може бути розроблена для різних застосувань, таких як: непорушне джерело живлення для критичних навантажень, резервне копіювання для відключення живлення головної мережі, резервне копіювання для якості електроенергії, незалежне виробництво електроенергії тощо. і конфігурації. Оскільки мікромережа система складається з декількох РЕР, і навантажень, які можуть бути від різних постачальників, дуже важливо мати інтероперабельність в системі MicroGrid.

Платформа Microgrid Plus Control System (MPCS) [12], представлена на рис. 2.1, надає модульне та масштабоване рішення, яке об'єднує поновлювані джерела електроенергії в мікромережі, які раніше працювали виключно на викопному паливі, забезпечуючи при цьому стабільне, безпечне та надійне енергопостачання. MPCS досягає високого проникнення пікових поновлюваних джерел енергії у вітрових / дизельних і сонячних / дизельних енергетичних системах, максимізуючи економію палива та постачаючи надійну енергію якості електромережі у віддалених місцях. Оперативна сумісність є, безумовно, необхідною передумовою для цієї архітектури. Підтримуваний потужністю контролера ABB RTU500 і MicroSCADA Pro, MPCS здатний задовольнити найвимогливіший контроль, SCADA і вимоги зв'язку, що дозволяють кінцевим користувачам остаточно перекрити розрив між генерацією та управлінням мережею для Microgrid. MPCS дозволяє розподіленій системі генерації електроенергії працювати автоматично.



Рис. 2.1 Огляд системи управління Microgrid

Наведена на рис. 2.1 установка відображає існуючу концепцію децентралізованого алгоритму управління і дає змогу системі працювати досить автономно. В даний час інженерний та конфігураційний підхід системи MicroGrid не є стандартизованим, як автоматизація підстанції. Розширення інженерного підходу на підстанції для системи Microgrid є досить цікавим рішенням. Проте підхід інженерної підстанції може не підходити для такої системи, оскільки вимагає більш гнучкі та універсальні функції. Алгоритми управління повинні бути налаштовані для кожної конкретної установки, включаючи схему зв'язку. Для конфігурації контролерів необхідно виконати кілька динамічних моделювань, які потребують детального моделювання для динамічних явищ. Питання полягає в тому, чи можна, і якщо так, як використовувати існуючі стандарти та їхні моделі даних і механізми комунікації в контексті мікромереж. Крім того, існує потреба у збереженні власних інструментів для інженерів, та тестування отриманої системи. Це додаткове зусилля, яке було прийнятним для колишніх менших систем, але стає вузьким місцем для розгортання великих і складних мікромереж.

МPCS призначений для управління та контролю розподілених електростанцій та навантажень, що використовують відновлювані та невідновлювані джерела енергії. Кожен електричний пристрій називається

вузлом. Вузли спільно будують мережу однорангових вузлів, що представляє собою всю систему мікромережі. Вузли спілкуються разом, здатні приймати правильне рішення у кожній конкретній ситуації. Зв'язок між одноранговими вузлами досягається за допомогою двох різних типів комунікаційного протоколу, які базуються на стандартному Ethernet TCP / IP або UDP. Два способи зв'язку, що використовуються мережею MPCS:

**Трансляція:** критичні повідомлення передаються в системі на періодичній основі. Контролер дизельного генератора, наприклад, публікує свій поточний стан для всіх інших однорангових мереж. Базуючись на наданій інформації, інші пристрої приймають автономні рішення для запуску, зупинки або коригування своїх точок встановлення.

**Point to Point :** менш важлива для часу інформація, наприклад, запис даних або зовнішні команди оператора для окремої особи контролерів керуються протоколом зв'язку точка-точка. Ця комунікаційна мережа дозволяє встановлювати та вводити в експлуатацію MPCS, збір даних усіх контрольованих точок, дистанційне оновлення та конфігурацію параметрів та віддалений доступ до всіх даних електростанцій.

Спільна онтологічна модель забезпечує загальне розподілення управлінської інформації для систем, мереж, додатків і послуг, а також дозволяє розширювати можливості постачальників. У центрі уваги CIM головним чином є організаційні структури різних компонентів у рамках інтелектуальної мережі. Семантична модель CIM може бути виражена за допомогою уніфікованої мови моделювання (UML). Модель стандарту IEC 61970-301 описує компоненти енергосистеми на електричному рівні і зв'язки між кожним компонентом. IEC 6196811 поширює модель 301, щоб охопити інші аспекти обміну інформацією про програмне забезпечення в енергосистемі, такі як відстеження активів, планування роботи, виставлення рахунків клієнтів.

Існує потреба у визначенні класу Controller з контексту MPCS. Microgrid Controller - це пристрій із вбудованою функцією контролю для досягнення високого проникнення поновлюваних генераторів і стабільності потужності.

Він може бути представлений у вигляді обладнання, об'єднаного в CIM GeneratingUnit, але потім він втрачає ідентичність як актив Microgrid. Microgrid Controller, як власний клас, має атрибути набору потужностей і автоматичного керування, і багато іншого в залежності від типу генератора, для якого він використовується. Для атрибутів налаштування контролера, модель CIM повинна бути розроблена, звернувшись до IEC 61850, оскільки IEC 61850 визначає стандартні характеристики контролера. У управлінні та операціях з розподілу важливо розрізняти Microgrid Controller від інших активів, оскільки вони мають спеціальні атрибути або асоціації.

У роботі [4] розроблені загальні інформаційні моделі систем генерації відновлюваної енергії: фотоелектричної системи виробництва електроенергії та системи виробництва енергії вітру. Розширений CIM розподіленої ресурсної системи з адекватними атрибутами створить основу для створення інтерактивної системи джерела та навантаження. Однак для типу системи управління, описаної в розділі II, більш схоже розширення CIM виглядає, як показано на рис. 2.2

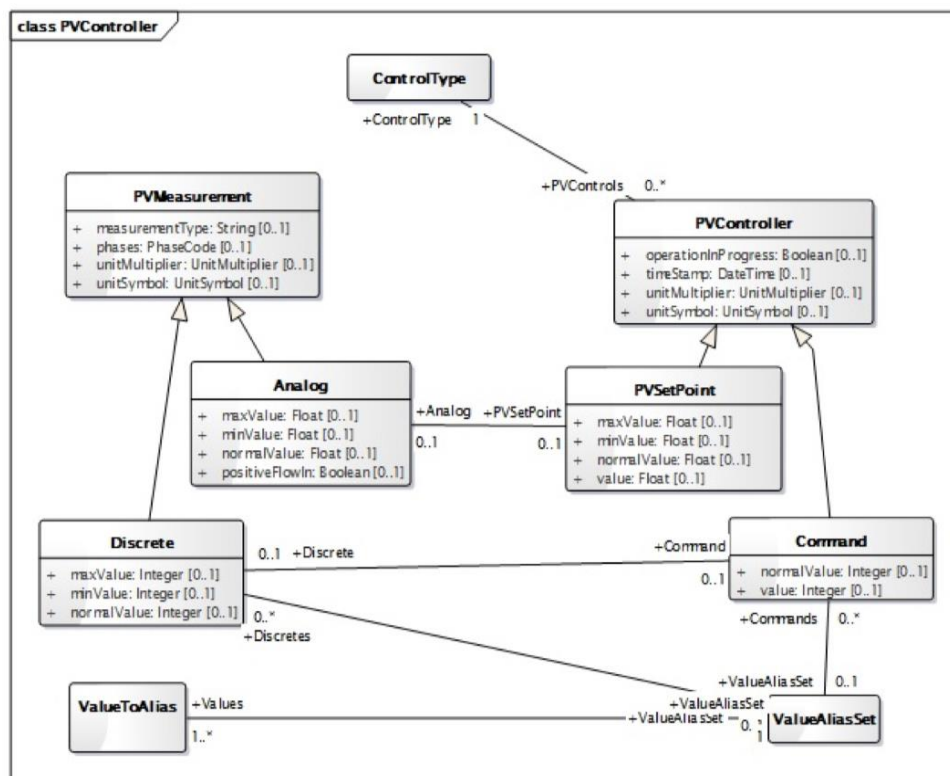


Рис. 2.2 Контролер СЕ на базі CIM Моделі UML

У цій моделі ПВК контролер являє собою клас контролерів Microgrid типу ControlType, і він буде включати в себе весь набір атрибутів, необхідних для контролера основного обладнання, а також вторинного контролера

У зв'язку з тим, що CIM є абстрактною і незалежною від платформи моделлю, вона охоплює велику область застосування. Однак, щоб застосувати CIM, необхідно визначити певні технології відображення. Розширювана мова розмітки (XML) і рамки опису ресурсів (RDF) - це технології, для яких визначено відображення. В цілому CIM використовується для двох основних цілей: один - інкапсуляція цілих моделей енергосистем, а інший - обмін даними між додатками [13].

З появою мікромереж, системи розподілу знаходяться в значній мірі, і з недавнього зростаючого інтересу до концепцій інтелектуальних мереж буде більш важливим моделювати та оцінювати наявні пристрої зондування, контролю та зв'язку. Таким чином, забезпечення інтеоперабельності значною мірою спирається на спільні семантичні моделі енергосистем, які контролюючі суб'єкти можуть використовувати для прийняття рішень. Хоча семантична модель представлена в IEC 61970, CIM [14] досягає цього на рівні енергосистем між додатками, стандарт IEC 61850 все ще необхідний для забезпечення моделі доступу до інформації та функцій контролю, які мають необхідну гнучкість на рівні поля.

### **IEC 61850**

IEC 61850 - це серія стандартів, призначених для забезпечення стійкої взаємодії систем автоматизації підстанцій. Документ IEC 61850-5 містить вимоги до моделей пристроїв. IEC 61850-7-4 визначає LN і класи даних, але не надає специфікацій LN для функціональних можливостей, необхідних для управління PER.

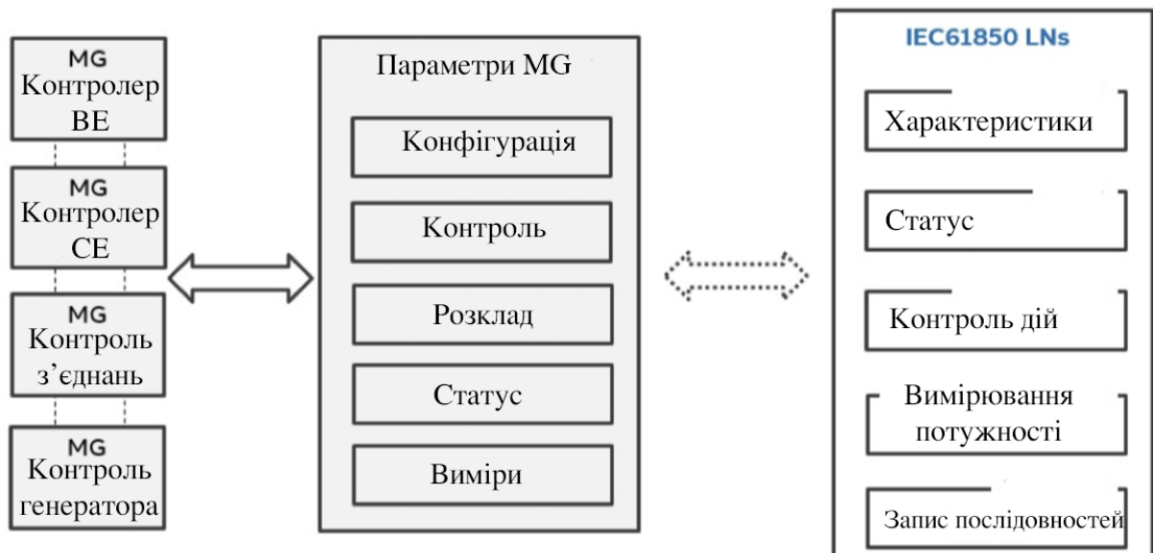


Рис. 2.3 Набір параметрів контролера відображення в IEC 61850 LN

Логічний пристрій PER визначає експлуатаційні характеристики одного пристрою PER, незалежно від типу генератора або двигуна. IEC 61850-7-420 забезпечує необхідну основу для розробки системи управління, а також для забезпечення сумісності з існуючими та майбутніми пристроями контролю та моніторингу.

Модель IEC 61850 [14] для сонячного контролера здатна моделювати управління, близьку до процесу, але не може бути легко абстрагована для потреб моделювання електричних мере. Навпаки, в якості прикладу, CIM має загальну підтримку для статичного та динамічного моделювання навантаження, як це необхідно в додатках мережевого аналізу, тоді як це було б дуже важко отримати з моделі IEC 61850. Існують значні обміни даними між рівнем IEC 61850 і рівнем CIM, які вимагають високої сумісності між двома стандартами. Проте, через різні точки зору та незалежну еволюцію, IEC 61850 і CIM не сумісні один з одним, і зіставлення даних між стандартами, по суті, оброблялися спеціальним способом. Це призвело до значних питань щодо сумісності та узгодженості даних у різних реалізаціях, що дозволяє мислити, що онтологічна модель є доказом майбутнього з точки зору автоматизованої системи управління. Таким чином, OPC UA заслуговує на аналіз з контексту розгортання та функціонування MPCPS.

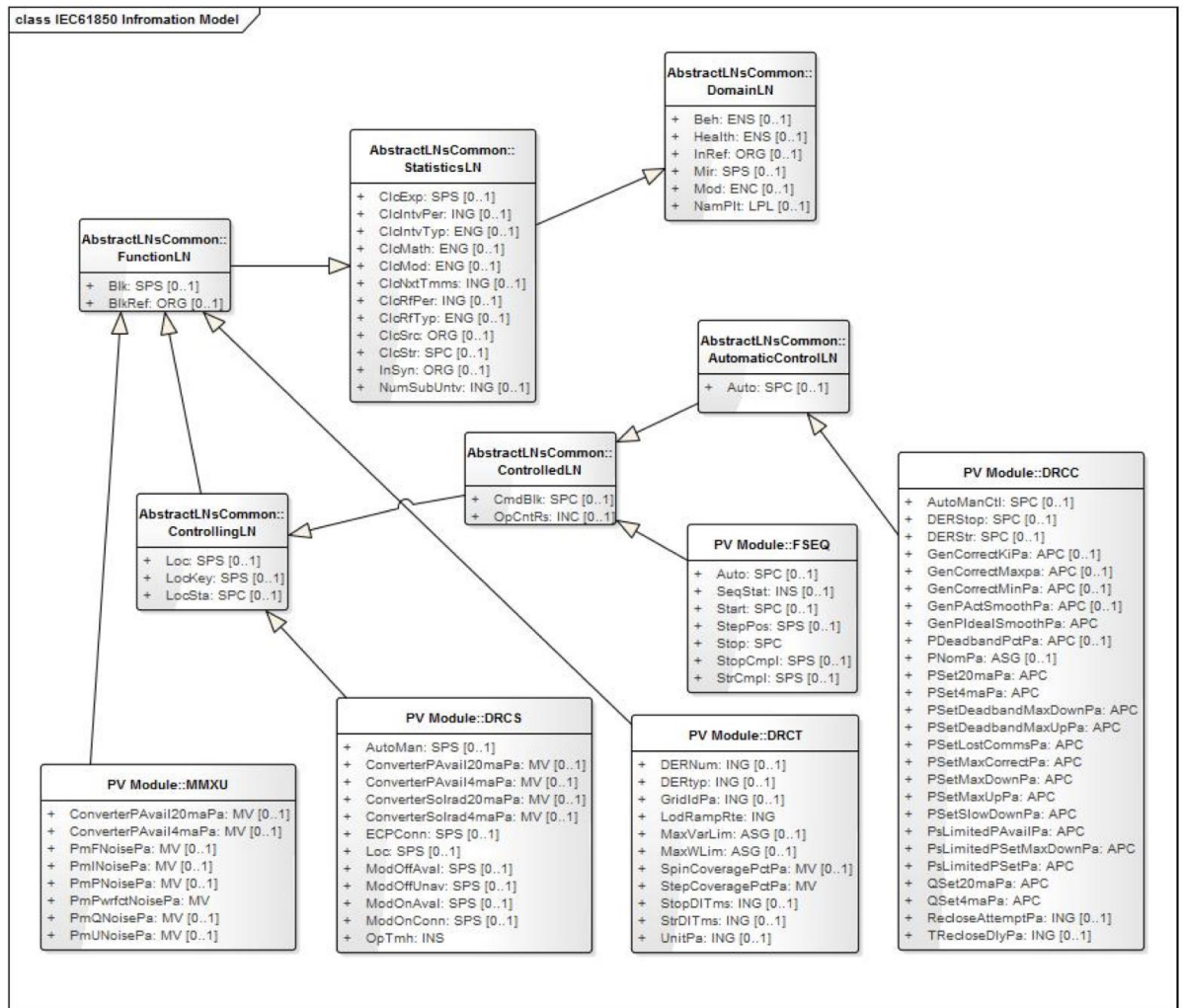


Рис. 2.4 Контролер CE на основі IEC 61850

## OPC UA

Стандарт IEC 62541, **Open Platform Communication Unified Architecture** (OPC UA) - це широко поширений стандарт у промислових, будівельних, фабричних областях автоматизації. OPC UA дозволяє вузлам надавати дані в реальному часі, метадані навколишнього середовища і навіть дані, що не обробляються, іншим вузлам унікальним і незалежним від платформи способом. OPC UA - це повна система комунікації, що має інформаційну модель і адресний простір для представлення інформації в структурованому вигляді, абстрактні API, захищену модель зв'язку та відображення з протоколами зв'язку. На рис. 5 показаний приклад інформаційної моделі OPC UA для контролера CE.



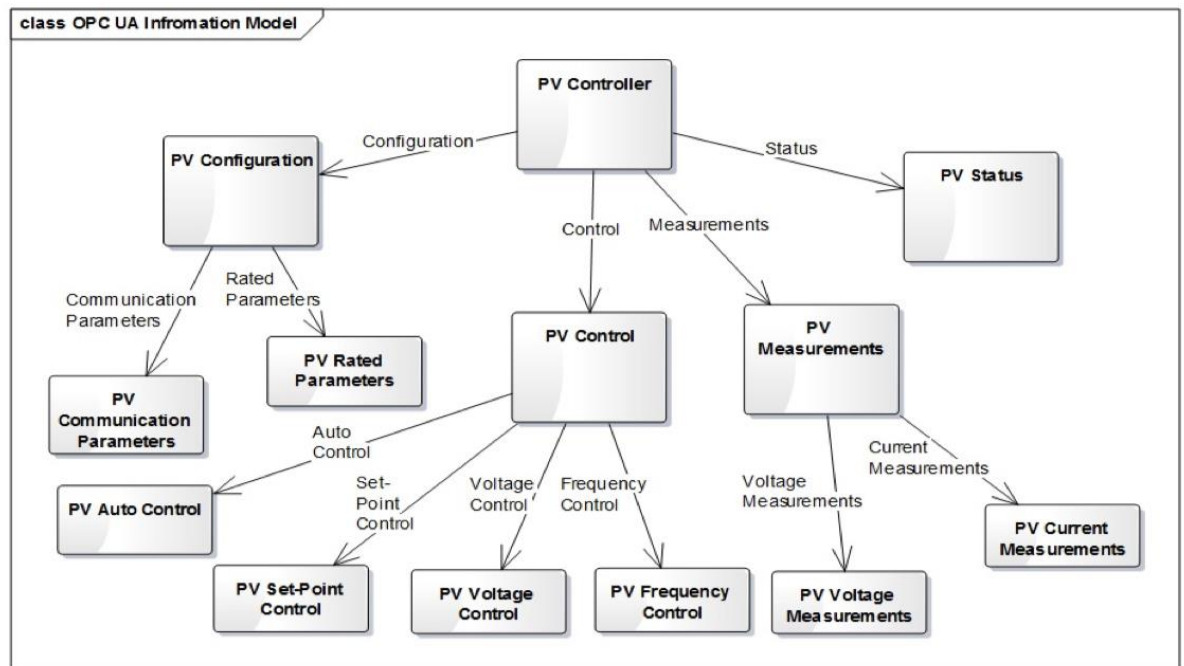


Рис. 2.5 Інформаційна модель OPC UA для контролера СЕ

Для створення адресного простору вузли повинні бути реалізовані та з'єднані між собою посиланнями. Визначення вузлів вимагає призначення відповідних значень атрибутам. Правила управління процесами створення та модифікації визначаються стандартом і називаються моделлю адресного простору. Елементи OPC UA ObjectType і DataType є абстрактним елементом, їх екземпляр не може бути створений і його не можна використовувати для зберігання даних контролера. Об'єкт і змінна можуть мати свій екземпляр і можуть утримувати дані контролера. Для MPCS, в першу чергу, визначається адресний простір ControllerType. Об'єктами цього типу є конфігурація PV, PV Control, PV Status і PV Measurements. Для всіх цих об'єктів визначені відповідні типи. Цей же ControllerType використовується для інсталяції будь-яких інших контролерів в MPCS. Для відображення поведінки MPCS тип посилання FlowTo використовується для взаємоз'єднання відповідних об'єктів і надання клієнтам коротких шляхів перегляду. Це встановлює HierarchicalReferences від початкового об'єкта до об'єкта призначення.

За визначенням MPCS [16] є невід'ємною частиною інтелектуальної мережі. Інтеграція MPCS передбачає необхідність обміну інформацією між



вузлами одного і того ж домену. Хоча існують стандарти, які ще потрібно розробити, більшість необхідних стандартів вже існують. На жаль, більшість з них були розроблені самостійно для вирішення проблеми інтеграції систем в обмеженій області застосування і тому не мають спільної моделі даних або навіть загального підходу до моделювання з точки зору всієї інтелектуальної мережі. Як результат, кожен інтерфейс між системами, які не охоплені одним і тим же стандартом, вимагає відображення або перетворення з одного стандартного формату в інший. Крім того, існує потреба у відображенні моделей даних від власних форматів до стандартних форматів, коли системний інтерфейс взагалі не підтримує жодного стандарту. Таким чином, необхідно сформулювати онтологію, за допомогою якої всі стандартні та власні семантичні моделі можуть бути відображені на стандартній інформаційній моделі.

Для того, щоб відповісти на головне питання дослідження, які фактори впливають на інтероперабельність системи, потрібне кількісне визначення сумісності. [23] дає огляд доступних метричних систем взаємодії систем. Тому наші заходи оперативної сумісності повинні покладатися на декілька існуючих кількісних заходів взаємодії.

Для досягнення системи, що має високий потенціал для взаємодії, [24] визначено чотири властивості, яким повинна відповідати архітектура системи. Потенціал MPCCS для інтероперабельності вимірюється оцінкою цих чотирьох властивостей, а MPCCS - дуже інтероперабельною, оскільки вона є відкритою, відокремленою, децентралізованою і зручною системою. Таблиця I дає опис для кожного з властивостей щодо MPCCS. Оскільки MPCCS задовольняє всю ідентифіковану властивість для вимірювання сумісності, онтологічне озброєння стає великою необхідністю.

Таблиця 2.1  
Міри сумісності для MPCCS

Властивість	Характеристики MPCCS
Відкритість	Контролери можуть бути модифіковані та налаштовані
Відокремленість	Кожен контролер функціонально відокремлений від інших
Децентралізованість	Кожен контролер діє зі своєю локалізованою ціллю шляхом взаємодії з іншою частиною системи
Гнучкість налаштування	Кількість параметрів котрі можливо змінити

Іншим важливим аспектом MPCCS є контекстний контроль. Наприклад, дизельний генератор припиняє працювати автоматично, коли відновлювана генерація та зберігання здатні задовольнити енергетичні потреби всіх навантажень. Оскільки породження відновлювальних джерел має переривчастий характер, MPCCS повинна забезпечувати передбачувані та непередбачувані події для кожного з контролерів генерації, а для того, щоб досягти того ж, моделювання на основі онтології стає істотним. **Моделювання, засноване на онтологічній моделі, може представляти цілі генерації, скоординований контроль і прогнозування генерації.**

Інтеграція MPCCS в розумну мережу передбачає необхідність обміну інформацією між різними вузлами одного і того ж домену. Кінцевою проблемою при розгортанні сумісного рішення MPCCS є передача абстрактної інформації між кожним вузлом. Однак неможливо передавати абстрактну інформацію від одного вузла до іншого через мережу. Таким чином, існує основна необхідність однозначного перекладу абстрактної інформації в двійкові дані.

Операційно сумісна модель MPCS повинна ідентифікувати онтологію базових моделей, шукати відповідну модель відображення і автоматично генерувати вихідний код передбачуваної інформаційної моделі. Призначена модель для MPCS була визначена як OPC UA, основні причини якої:

- OPC UA надає мета-модель і розширюється об'єктно-орієнтована інформаційна модель
- Наявні стандартні методи доступні для відображення моделей енергосистем з OPC UA
- Інформаційна модель OPC UA пропонує як послуги публікації, так і клієнт-сервер, що є фундаментальною необхідністю для комунікації MPCS мережі

Детальна робота з генерації моделей OPC UA з метою конфігурування та встановлення контролера на зв'язок контролера описана на рис. 6.

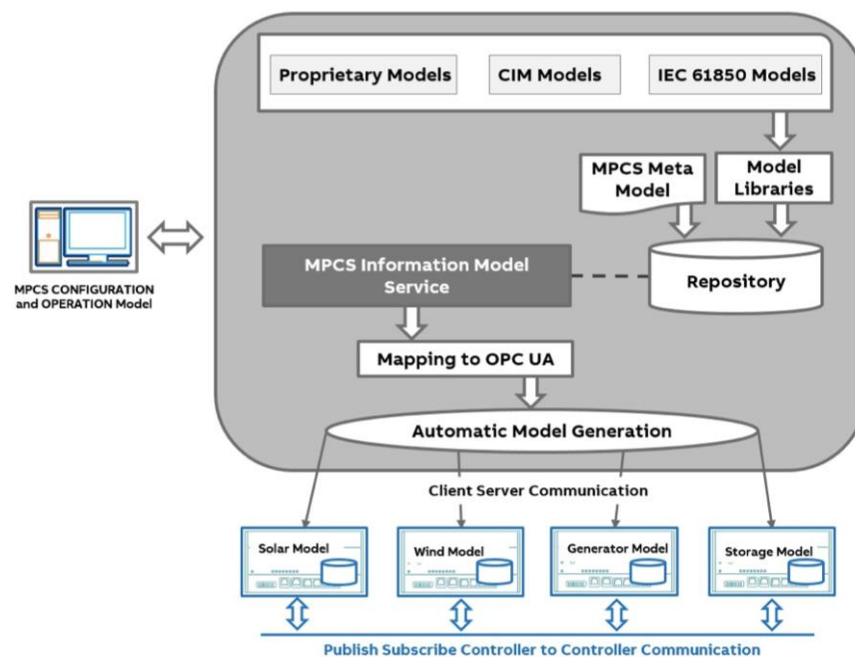


Рис. 2.6: Онтологічна модель системи MicroGrid

Модельні бібліотеки включають моделі стандартів, такі як CIM, IEC 61850, а також спеціальні патентовані моделі домену. Репозиторій забезпечує представлення всіх типів фізичних і логічних об'єктів, які необхідні в домені.

Служба інформаційної моделі MPCS. Сховище інформаційної моделі має підтримувати:

- Безпечне зберігання інформації для кожного MG контролера в конфігурації і роботі MPCCS та сховища
- Контроль доступу до інформаційної моделі MPCCS
- Повідомлення потрібним контролерам щодо будь-яких змін в моделі

Крім того, служба інформаційних моделей також має доступ до моделей від кожного з контролерів мережі MPCCS. Служба інформаційної моделі визначає вхідну онтологію і відображає її в OPC UA відповідно до правил. Після того, як відображення виконано, моделі автоматично генеруються і розгортаються на цільовому контролері за допомогою зв'язку клієнтського сервера.

### **Мета-моделі**

Мета-моделі використовуються для визначення загальних об'єктів і атрибутів, а також для розрізнення певних аспектів об'єкта, представленого в інформаційній моделі. Як показано на рис. 2.7, мета-модель містить:

`ControllerModel`, який описує методи, властивості, змінні, визначення посилань і визначення атрибутів фізичного контролера, який використовується для керування заданою ПЕД.

`ConfigurationModel`, яка описує, як обробляються властивості та визначення атрибутів моделі. Наприклад, для специфічної моделі конфігурації контролера встановлюватиметься швидкість публікації в мережі параметрів контролера.

`StructuralModel`, яка описує ієрархію пристроїв у системі і відношення між ними. Він містить посилання на визначення та визначення атрибутів.

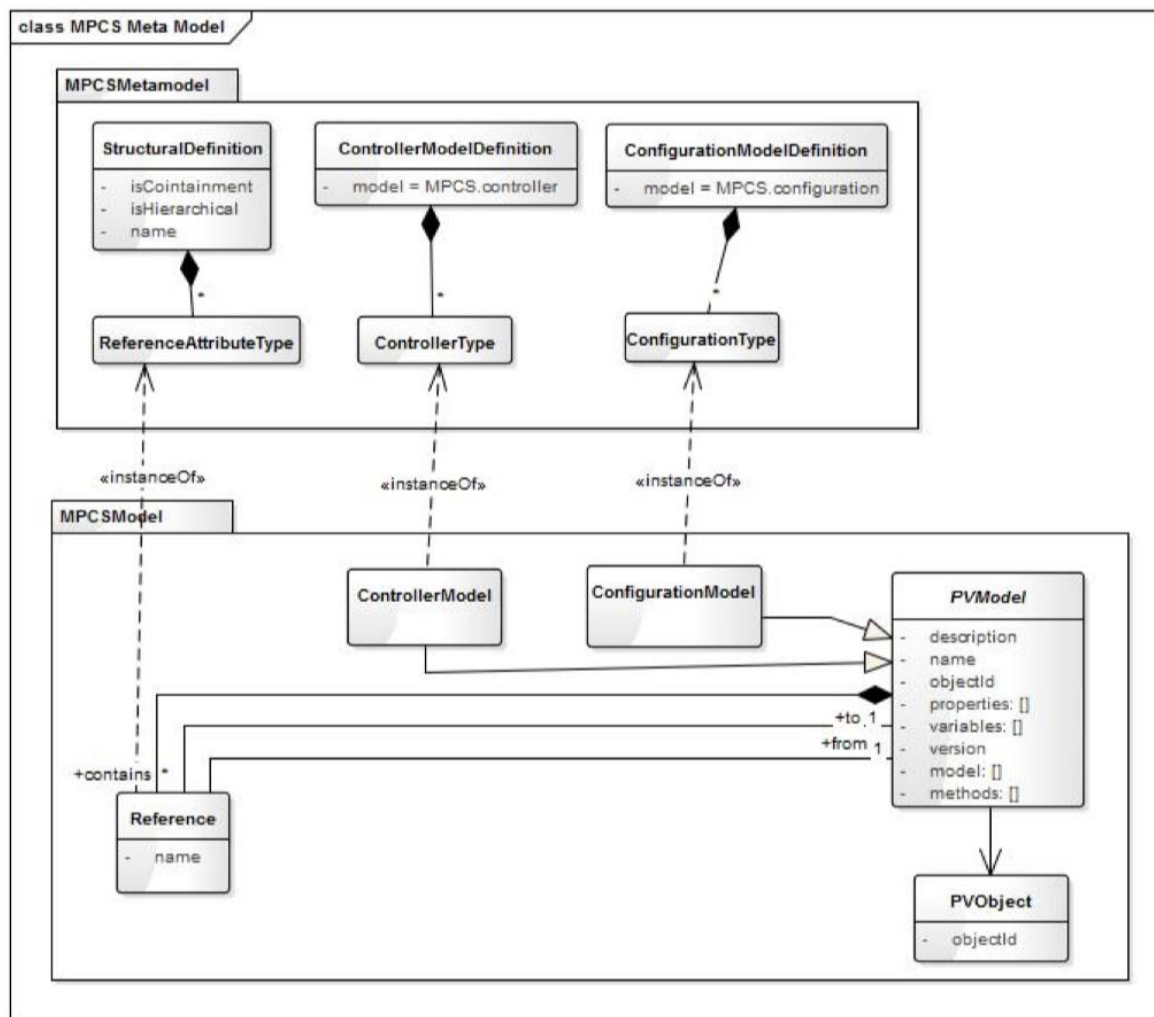


Рис. 2.7 Мета-модель MPCS

Структура MPCS буде децентралізована, де кожен контролер ідентифікується в тій же ієрархії, тоді як Microgrid Congurator буде на іншому рівні ієрархії. Всі моделі були б JSON, засновані на визначеній схемі. Визначений PVModel - це об'єктна модель, яка є репрезентацією контролера щодо моделі PV і має набір обов'язкових атрибутів:

- objectId: унікальний ідентифікатор об'єкта.
- Ім'я об'єкта (як визначено на рис. 2.7 PVOBJECT).
- model: ідентифікатор, що посилається на модель, наприклад, OPC UA, IEC 61850, CIM тощо

Модель відображення містить правила онтологічного відображення від різноманітних інформаційних моделей до адресного простору OPC UA. Система OPC UA надає можливість зіставити та реалізувати будь-яку

інформаційну модель, таку як IEC 61850, CIM тощо, використовуючи базові елементи адресного простору OPC UA. Однак загальне відображення об'єктного визначення між об'єктами адресного простору OPC UA іншими об'єктами інформаційної моделі вимагається як загальне граматики.

Автоматизоване відображення адресного простору CIM до OPC UA досягається за допомогою методу та робочого потоку, описаного в [25]. Відображення MCK 61850 SCL до OPC UA пояснюється в [7], який спрямований на поліпшення динамічної реконструкції архітектур Smart Grid і введення необхідної сумісності між інженерними інструментами різних виробників. Такі ж методи картографування можна багаторазово використовувати для функціонування та інженерії системи MPCPS.

Сигнали MPCPS можуть бути необхідні для відображення в стек зв'язку OPC UA незалежно від конструкції, шляхом поділу на адресні простори, і цей процес спрощується шляхом гармонізації конструкції контролера зі стандартом.

Альтернативним методом розвитку було б впровадження системи управління без використання моделі OPC UA. Як тільки система управління є функціональною, створюється відображення з індивідуального інтерфейсу системи управління до інтерфейсів адресного простору OPC UA. Ця практика є загальною, особливо серед систем управління, які були розроблені до широкого впровадження стандарту і згодом були адаптовані для інтеграції в системи OPC UA. Практичний недолік цього підходу полягає в тому, що інтегратори та інженери змушені працювати з системами, оскільки вони повинні розуміти систему з обох сторін відображення. Більш того, система управління, що базується на сумісній моделі даних, надає контролери можливість підключення та відтворення. У результаті система отримує переваги масштабованості, стійкості та надійності.

Для підтримки різних вимог додатків, абстрактні послуги OPC UA можуть бути зіставлені з різними протоколами. Забезпечення доступне для кодування та шифрування даних. Доступно відображення абстрактних послуг OPC UA до веб-сервісів Протокольного протоколу доступу (SOAP) та

бінарного OPC UA. Веб-сервіси SOAP використовують обмін даними на основі XML і бінарний код OPC UA використовує бінарну кодовану передачу даних. У випадку MPCs, OPC UA бажано надсилання повідомлень PubSub по локальних мережах (LAN), які передаватимуть дані по протоколу UDP (User Datagram Protocol) за допомогою OPC UA Server (Publisher) для споживання будь-яким числом авторизованих клієнтів OPC UA (абонентів) .

Вище представлена модель UML для CIM, IEC 61850 і OPC UA для однієї з підсистем MPCs. Далі вона намагається досягти взаємосумісності MPCs, можливо, враховуючи сучасні стандарти. Однак, враховуючи зростання високорозподіленої мережі інтелектуальних мереж, ми запропонували формулювання онтології для MPCs на основі прийняття та інтеграції стандартних інформаційних моделей енергосистем до попередньо визначеної моделі OPC UA. Арена OPC UA підтримує інтеграцію різноманітних протоколів і моделей даних з нульовою вартістю для переходу від будь-якої інформаційної моделі до інформаційної моделі OPC UA. Як наступний крок, ми б розробили документ для методології проектування більш формально: запровадження запропонованої функції до існуючих інструментів і платформ, які в кінцевому підсумку дозволять розгортання поля MPCs.

## **2.2. Рекомендації по застосуванню онтологічної моделі**

Розглянуту вище модель можна удосконалити за допомогою виведення окремих елементів до хмарного сховища, з урахуванням конструкцій побудови даної мережі. Дана модель представлена на рис 2.8.

Також до хмарного сховища я додав СВА – Control Block of Analysis, який виконує функцію колектора інформації та її аналізу, в свою чергу він складається з елементу контролю ціни (ціновий факторі) та елементу збору інформації про погодні умови (погодній фактор). Саме ці фактори і будуть впливати на подальшу оптимізацію системи.

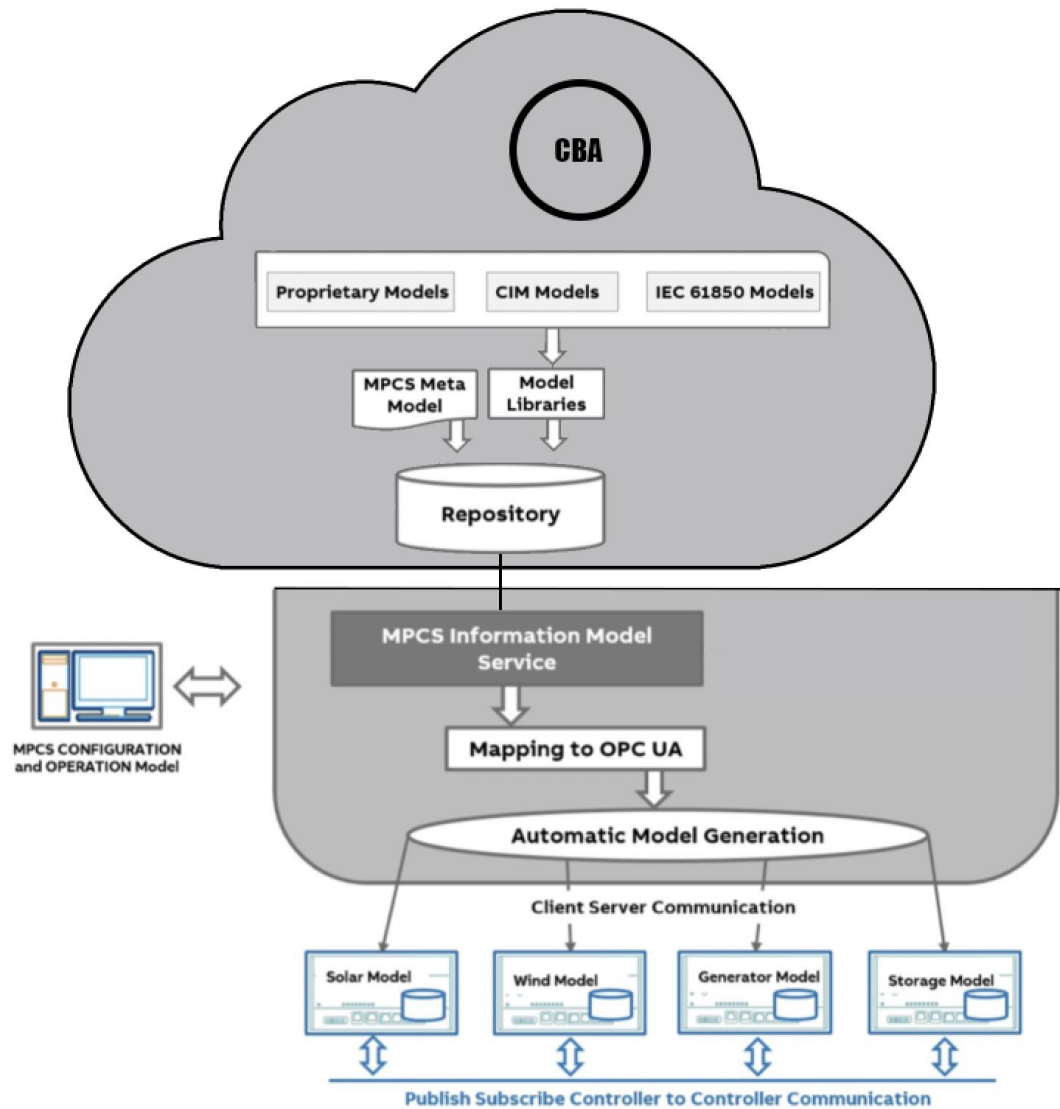


Рис. 2.8 Удосконалена онтологічна модель MicroGrid

На рис. 2.9 показана запропонована модель ціноутворення в реальному часі. ЕКЦ оптимізує ціну для системи без урахування їхньої відповіді. Елемент цінової пропозиції показує детальне споживання енергії що дає змогу отримати точну картину та діючі пропозиції. Структура алгоритму надає огляд того, як працює сторона ЕКЦ і як відповідь системи повинна бути інтегрована в загальну модель.



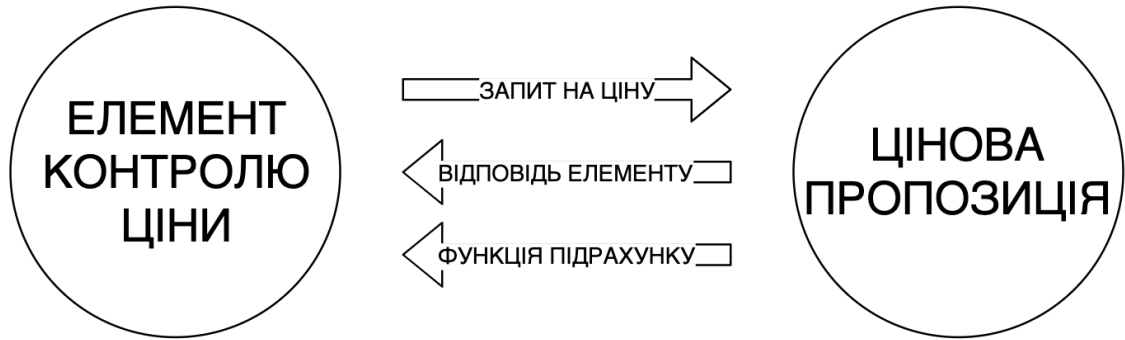


Рис. 2.9 Модель формування ціни для системи

В блок управління з аналізу також включений елемент збору даних про погодні умови.



Рис. 2.10 Удосконалена модель управління MicroGrid

## **Висновки**

1. На основі аналізу онтологічної моделі MicroGrid, визначені її складові, основні стандарти на яких побудована дана система. Досліджено структуру роботи контролерів, їх важливість у даній структурі, взаємодію один з одним, а також з іншими елементами системи. Стандарт OPC UA дозволяє вузлам надавати дані в реальному часі, метадані навколишнього середовища і навіть дані, що не обробляються, іншим вузлам унікальним і незалежним від платформи способом. Мета-моделі використовуються для визначення загальних об'єктів і атрибутів, а також для розрізнення певних аспектів об'єкта, представленого в інформаційній моделі. На основі цих даних і побудована онтологічна модель MicroGrid.
2. Модифіковано онтологічну модель за допомогою виведення певних елементів до хмарного сховища, та застосування блоку аналізу погодних та цінових факторів. Таке рішення покращує ефективність побудови онтологічної моделі, та додає певну гнучкість в збереженні даних за рахунок хмарних сховищ, блок управління аналізом в свою чергу забезпечує систему інформацією про реальну ціну на електроенергію на ринку, а також збирає погодні дані, котрі можуть бути застосовані при прогнозуванні роботи системи.

## РОЗДІЛ 3

### ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПОДІЛЕНОГО РЕЄСТРУ В ОНТОЛОГІЧНІЙ МОДЕЛІ СИСТЕМИ MICROGRID

#### 3.1 Блокчейн в MicroGrid

MicroGrid використовує двосторонні потоки електроенергії та інформації [30] в режимі реального часу між постачальниками та споживачами енергії для створення широко розподіленої автоматизованої мережі доставки енергії. Мікромережа є автономною енергомережею в малих громадах, що використовує відновлювану енергію та систему зберігання енергії (СЗЕ), та забезпечує платформу для торгівлі енергією, що виробляється на місцях, у межах своєї громади.

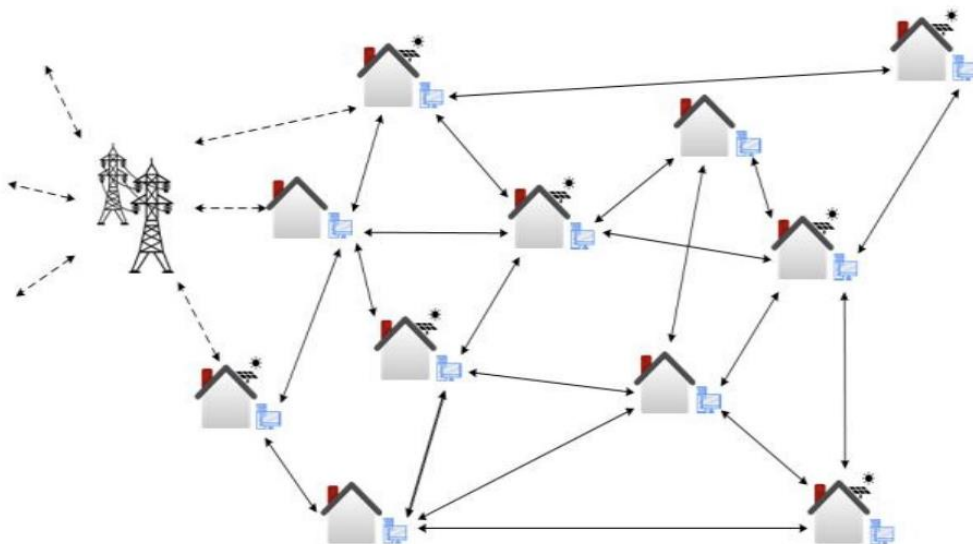


Рис. 3.1 MicroGrid на основі блокчейну

Як показано на малюнку 1, мікромережа базується на приватній мережі блокчейнів, яка може брати участь лише в авторизованих вузлах. Він може бути самодостатнім на потужності на невеликих територіях і є доповненням до існуючих енергосистем. Кожен вузол мікромережі розділений на дві категорії: споживач, якому потрібна енергія для споживання вдома, або виробник з фотоелектричною системою (чи іншою), здатною виробляти поновлювану

енергію сам. І кожен вузол - це розумний дім, де пристрої підключені до Інтернету і мають СЗЕ, який може зберігати придбану або вироблену енергію.

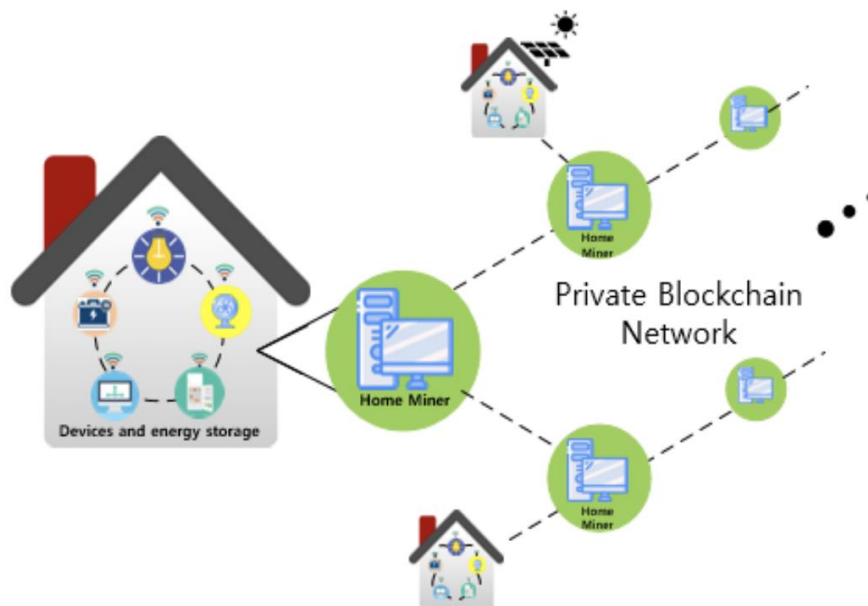


Рис. 3.2 Розумний будинок в мережі приватного блокчейну

### 3.1 Енергоменеджмент в мережі

Розумний будинок [32] на основі блокчейну може зберігати енергію, що використовується в будинку, через СЗЕ. Споживачі, яким потрібна енергія для споживання, купують енергію у споживачів. І вони заряджають енергією пристрій накопичення енергії в будинку. Споживачі виробляють відновлювану енергію самостійно за допомогою фотоелектричної системи та зберігають її в накопичувачі енергії для продажу енергії споживачам. Вищезгаданий домашній майнер може централізовано обробляти дані з усіх пристроїв та СЗЕ та зберігати дані у підключеній хмарній[33] системі або сховищі даних. Використовуючи збережені дані, домашній майнер може знати поточний стан, історію роботи, використання енергії кожного пристрою, вихідну енергію та кількість енергії, що залишається в пристрої накопичення енергії. Крім цього, доступна додаткова інформація, яка може бути використана для різних програм. Однак запропонована платформа торгівлі енергією вимагає лише інформації про використання енергії кожного пристрою та кількість енергії, що залишається в пристрої накопичення енергії.

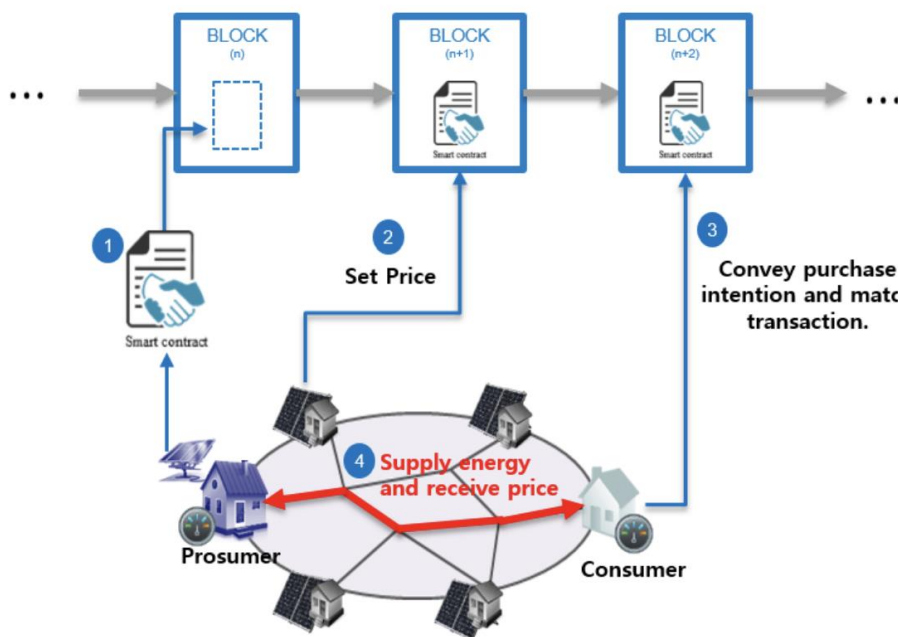


Рис. 3.3 Процес торгівлі енергією

Ринок електроенергії мікромереж на основі блокчейну забезпечує децентралізацію і атмосферу довіри між покупцями та постачальниками, в яких вони можуть вільно торгувати без необхідності централізованої довіреної третьої сторони. Незважаючи на всі ці переваги, механізм аукціону на блокчейн не є повністю безпечним і насправді є вразливим до певних атак на конфіденційність. Однією з таких нападів [34] є висновок в якому супротивник пробує різні комбінації запитання / пропозиції з метою прогнозування та отримання знань про відповідне результати аукціону. Ще одна атака, яка вимагає особлива увага при розробці механізму аукціону витік приватної інформації фізичних осіб через повторюваність аукціону. Наприклад, енергоаукціони з мікромереж зазвичай повторюється через певний проміжок часу, таким чином, певний підказки завжди залишаються у вигляді історичних записів, які надалі можуть використовуватися для висновку на особисту інформацію. Подолання таких питань стає складнішим у прозорий спосіб завдяки технології блокчейну.

Основні переваги застосування блокчейну:

- Максимізування доходу мережі.

- Введення механізму помірних витрат, безпечний та приватний ринок для мікромереж
- Конфіденційність заявок окремих учасників.

Виділення та виплати здійснюються, дотримуючись конкретних правил:

- 1) Правило розподілу: мета правила розподілу [36] полягає в обчисленні оптимального набору учасників відповідно до пунктів з метою максимізації соціального добробуту поряд із створенням хороших доходів.
- 2) Правило оплати: на динамічному ціновому аукціоні, оплата, яку повинен сплатити кожен учасник торгів, обчислюється на підставі "шкоди" його присутності яку він завдає іншим учасникам торгів. Це можна спростити, сказавши як різницю між сукупною сумою заявок інших учасників без переможця і накопичувальну суму заявок інших учасників, коли переможець включається до правила розподілу. Цей платіж також відомий як "соціальна вартість".

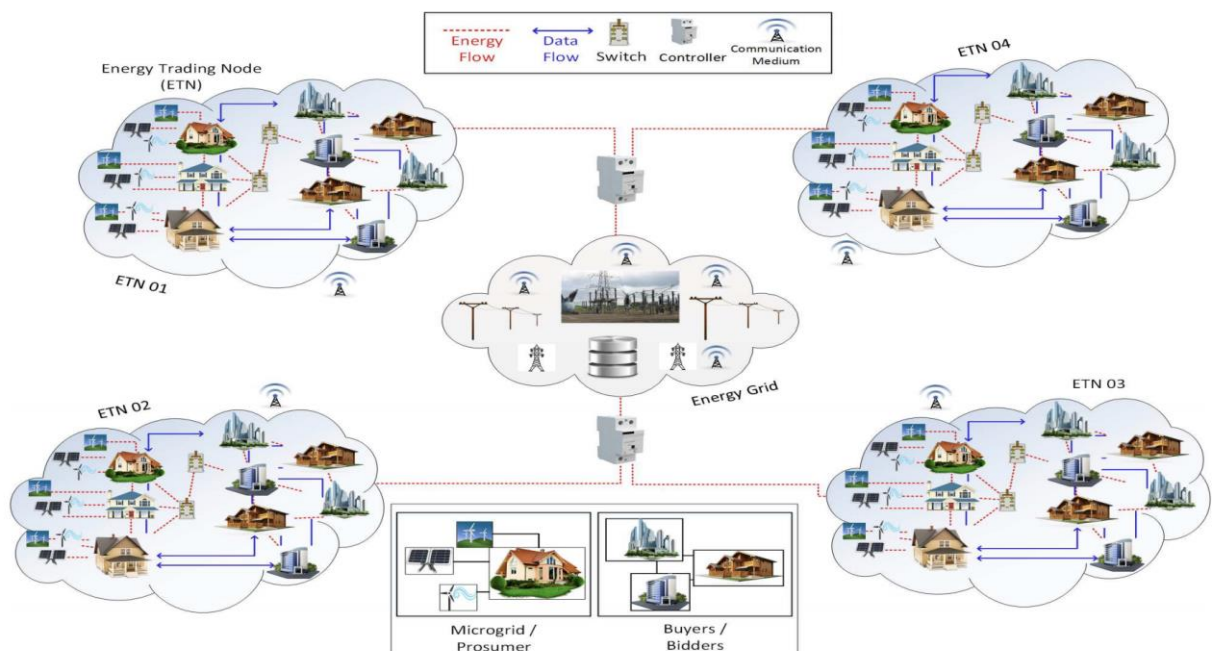


Рис. 3.4 Системна модель стратегії, що описує повний сценарій аукціону між мікромережею, покупцями та енергоносіями мережі та ETN, поряд із інформаційним представленням енергії та потоку даних.

Керуючі вузли (ETN) уповноважені видобувати нові блоки в мережі, здійснюючи процес консенсусу. Основною причиною використання блокчейну [37] є сприяння вузлів, які не мають високої обчислювальної потужності. Таким чином, вузли, які не можуть вирішити складні криптографічні головоломки також можуть брати участь у процесі торгівлі.

1) Суб'єкт зберігання даних "Блоки": мережа блокчейну веде неінформаційний облік транзакцій у формі даних об'єкти зберігання, що називаються "блоками". Ці блоки є відмовостійкими, лише додаються, та поширюються між усіма вузлами консенсусу, що підтримують блокчейн. У стратегії ETN є вузлами консенсусу, за які відповідають додавання блоків в мережу. Добування та зберігання нового блоку в мережа вимагає високої обчислювальної потужності. Тому було обрано ETN як авторитетні вузли, які контролюють процес консенсусу. ETN збирає, обробляє, управляє та перевіряє їх локальні записи транзакцій. ETN збирають записи, перевіряють їх (за допомогою консенсусу), а потім структурують ці записи в блоки після шифрування. Як тільки блок додається до блокчейну (через механізм консенсусу, визначений надалі), він стає загальнодоступним для всіх вузлів (тобто користувачів мікромережі, продавців, покупців та ETN), однак цей запис захищений від фальсифікацій, тому ці вузли можуть лише переглядати дані і не може їх змінити.

2) Механізм консенсусу: У цій роботі ми використовуємо докази алгоритм консенсусу роботи (Proof of Work - PoW), який також є основою технології біткоїну. Вузли консенсусу (також відомі як ETN) обираються за взаємною згодою між усіма учасниками вузлів. Ці вузли не є постійними і можуть бути змінені згодом, якщо якийсь вузол не відповідає юридичним правилам.

Консенсус щодо підтвердження роботи (PoW) забезпечує здорова конкуренція серед майнінг-вузлів і кожен майнера отримує винагороду після успішного видобутку блоку. Більше того, PoW менш схильний до атак безпеки в порівнянні з іншими механізмами консенсусу, оскільки зловмиснику потрібно контролювати мінімум 51% обчислювальної потужності для того, щоб зламати

всю мережу. Для того, щоб додати новий запис транзакції в блокчейні, всі ETN в мережі повинні досягати консенсусу. Консенсус [38] PoW забезпечує додавання законних даних до блокчейну разом із гарантією, що в немає конфлікту транзакції та історичних даних. PoW використовується для ETN у даній стратегії, подібний до механізму використання в технології біткоїн, в якій є унікальна хеш-величина генерується щоразу разом із певною головоломкою для кожного нового блоку, який потрібно видобувати в блокчейні. Це конкретно унікальне хеш-значення служить сполучною ланкою між нещодавно доданим і попереднім блоком у цьому ланцюжку. ETN вирішують головоломку (шляхом знаходження дійсного PoW) для видобутку блоку в мережі, і, таким чином, вони також змагаються між собою, щоб додати блок якомога швидше. Подібним чином обертається і ця конкуренція виступати за найшвидший ETN, який отримує нагороди монети кожного разу, коли додається новий блок у блокчейні. Під час процесу консенсусу ETN перевіряє аукціонні записи, структуруйте ці записи у вигляді нового блоку для перевірки блоку від інших ETN під час PoW процес консенсусу. Так само MicroGrid з максимальним внеском у мережу також отримує заохочення у вигляді монет з відповідних ETN. Ці заохочення служать нагородою що стимулюватиме більше мікромереж брати участь в аукціонному процесі і внести більше енергії в мережу.

### **Онтологічна модель системи**

Система складається з трьох основних організацій [39], тобто мікромереж (інтегрованих з будинками), будинків / будівель покупців та з технології розподіленого реєстру. Мікромережа може бути розумним будинком або мережею будинків, здатних виробляти енергію з різних відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна енергія, вітер, тощо. Мікромережі є автономними та можуть жити підключені будинки, і навіть надлишок електроенергії можна продати мережі. Кожна мікромережа має ємність для зберігання, де вона може зберігати надлишок енергії, яка може бути використана для торгівлі або використання в момент потреби. Подібним чином ці мікромережі також



пов'язані з деякими іншими будинками та будівлями, які не є автономними та потребують постійного постачання електроенергії (яке зазвичай надходить від електромережної станції). Ці будинки / будинок можуть попросити мікромережі продати їх додаткову енергію, щоб заробити певний прибуток. Ця торгівля призводить до формування аукціонної стратегії, яка використовується для здійснення виду торгівлі, в якому кожен учасник буде задоволений і отримає певні переваги. Традиційні аукціони зазвичай проводяться за допомогою посередника або централізованого аукціонера. Однак центральний аукціоніст має певні недоліки і може спричинити витоки довіри, безпеки та конфіденційності. Ось наступна сутність цієї стратегії - це розподілена книга на основі блокчейну. Як обговорювалося раніше [27], блокчейн - це децентралізований розподілений реєстр, який забезпечує коректність записів у всій мережі. Цей крок здійснюється за допомогою ETN, які працюють як брокери, щоб забезпечити доступ покупців та мікромереж з метою торгівлі енергією. Кожна мікромережа надсилає запит до ETN про надмірну електричну енергію разом із мінімальною ціною продажу. ETN оголошує доступну кількість енергії покупцям у мережі. Потім покупці енергії подають свої заявки в мережу, а ETN проводить аукціон та збігається з парами торгівлі енергією мікромереж та покупців енергії. Тим не менше, інтеграція блокчейну консорціуму в аукціон мікромереж вирішила певні питання безпеки та довіри, але через свою публічність вона також викликає велику кількість загроз конфіденційності. Динамічний характер різної конфіденційності [40] гарантує, що супротивник може не мати змоги зробити висновок про будь-яку приватну інформацію про учасників аукціонів. Незважаючи на загальнодоступність результатів аукціону, диференційована конфіденційність є однією з найбільш оптимальних стратегій, яка зберігає конфіденційність аукціону. Крім того система забезпечує правдивість та максимізацію доходу мережі за допомогою механізму аукціонів.

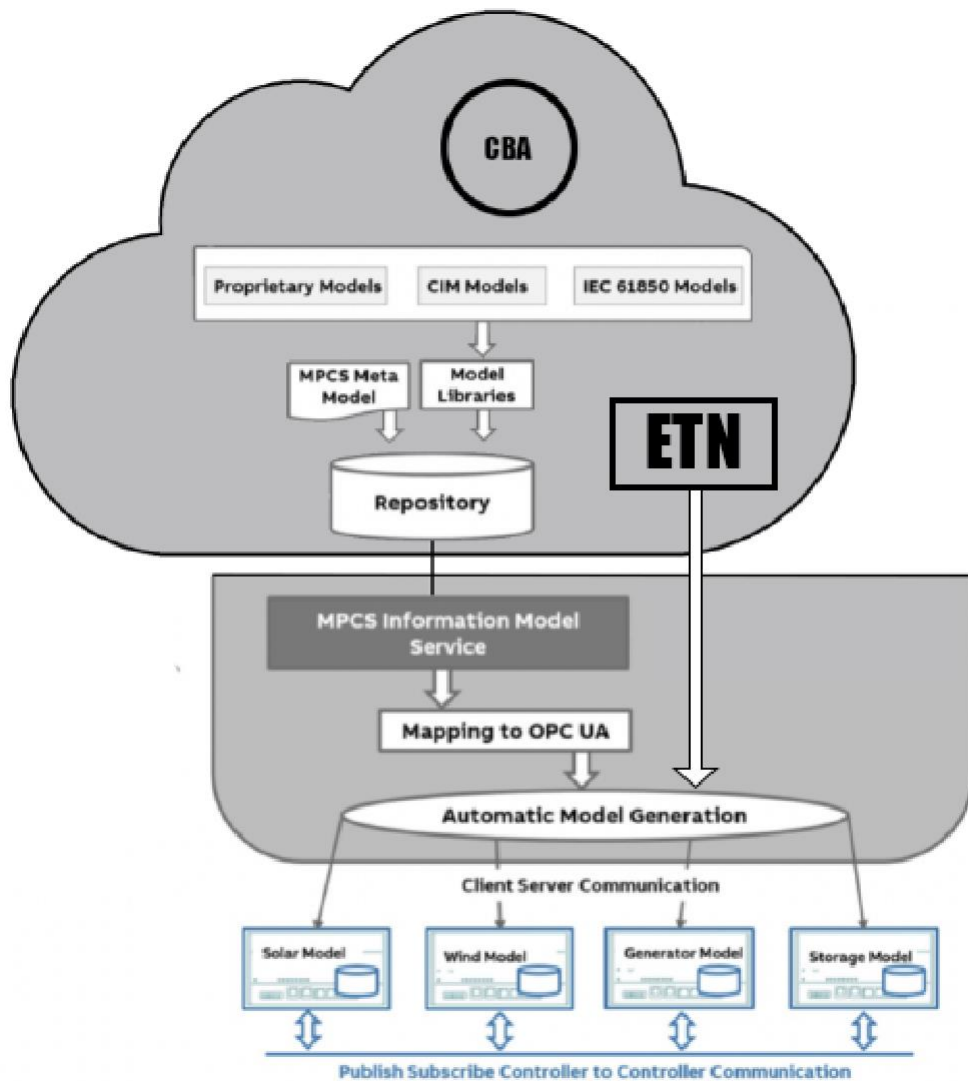


Рис. 3.5 Повна онтологічна модель системи MicroGrid

### 3.2 Детальні відомості про торгові операції в мережі

1) Ініціалізація параметрів і ролей: у рамках угоди, кожен учасник торгів і продавець формується законним суб'єктом після офіційної реєстрації в довіреному органі, тобто базовій станції інтелектуальної мережі, контрольованій державними органами. Під час реєстрації агент заявляє, чи хоче він приєднатися як покупець чи продавець. Призначені ролі не можна змінювати під час аукціону, і, якщо відбудуться зміни, доведеться перереєструватись на нову. Як тільки агент приєднується до мережі блокчейнів, він отримує свій відкритий та закритий ключ для здійснення криптографічних транзакцій у мережі. Подібним чином використано алгоритм цифрового

підпису еліптичної кривої для того, щоб здійснювати криптографічні транзакції в мережі.

Кожен агент у мережі ідентифікується за допомогою його справжньої ідентичності [40], відкритого ключа та приватного ключа. Орган управління відповідає за надання кожному агенту доданого списку відкритого ключа, приватного ключа та адреси гаманця. Цей картографічний список, особливо адреси гаманців, можна використовувати для проведення аукціону та торгівлі після дозволу ETN цієї області. Пул пам'яті, який додатково підключений до децентралізованої розподіленої книги, зберігає запис кожного аукціону та транзакції в мережі. Цей запис рівномірно оновлюється через розподілену книгу через ETN.

2) Збір заявок та передумов аукціону: Після ініціалізації параметрів та ролей наступним кроком є реклама доступних енергетичних слотів та збір заявок, що здійснюється за допомогою ETN. ETN збирає інформацію про доступну енергію з усіх мікромереж щодо заздалегідь визначеної географічної відстані, це також може залежати від відстані, і концепція енергетичного інтернету може бути використана для того, щоб оптимально направляти енергію. Згодом ETN передають цю енергію всім доступним покупцям у мережі. Потім покупці перевіряють наявну енергію та надають свої відповіді на ETN. ETN збирає заявки та проводить аукціон, використовуючи запропоновану стратегію.

3) Проведення аукціону: Механізм аукціону в мережі працює за стратегією, у якій беруть участь усі наявні вузли, а переможці визначаються відповідно до їх заявок та наявних енергетичних слотів. Оскільки ETN зібрав усі заявки покупців, він проводить аукціон, а потім додатково модифікує його, щоб покращити конфіденційність, використовуючи різну конфіденційність, і максимізувати дохід. Подібним чином, через певний проміжок часу, мікромережі, що забезпечили максимальну кількість енергії, стимулюються у вигляді монет. Поряд з цим, ETN, що виграв механізм консенсусу, винагороджується певними монетами відповідно до стратегії.

4) Платіжні та аудиторські операції: Після завершення аукціону всі покупці сплачують розраховану суму мікромережам через адресу гаманця конкретної мікромережі. Покупці перекладають монети зі свого гаманця на гаманець мікромережі, який надалі збирає суму та перевіряє її за допомогою цифрового підпису. Ці затверджені записи цифрових підписів надалі надсилаються ETN для аудиту.

5) Проведення консенсусу PoW [31]: Через певний проміжок часу ETN збирають усі записи енергії та транзакцій монет у своїй локальній мережі, шифрують їх, а потім захищають, використовуючи цифровий підпис. Цей процес шифрування та підписання здійснюється для забезпечення точності, достовірності та незмінності даних. Потім ці записи транзакцій об'єднуються, щоб сформувати структуру, подібну до блоку, яка також містить адресу попереднього блоку в ланцюжку. Крім того, ETN обчислює хеш-значення цього блоку над випадковим значенням nonce (наприклад,  $x$ ), щоб видобути його в ланцюжку, використовуючи консенсус PoW. Консенсус здійснюється подібно до методу консенсусу біткоїнів, при якому мітка часу, хеш-значення та корінь транзакції Merkle використовуються для визначення хеш-значення відповідно до труднощів, наприклад значення  $\text{HashV}(x + \text{Pdata}) < \text{ConsensusDifficulty}$ ). Швидкість видобутку та додавання блоків залежить від  $\text{ConsensusDifficulty}$ , яка є змінною сутністю, і відповідно змінюється органами влади для контролю швидкості видобутку блоків. У даному механізмі складність консенсусу варіюється, щоб переконатися, що кожен блок добувається принаймні через 10 хвилин.

6) Додавання та перевірка блоку за допомогою консенсусу:

Найшвидший ETN, який досяг PoW, стає керівником цього процесу консенсусу. Далі цей керівник передає скопійований блок на всі авторизовані вузли ETN [40], які здійснюють аудит цього блоку для забезпечення перевірки та взаємного нагляду в мережі. Ці ETN транслиують свій звіт в мережі після аудиту отриманого блоку. Після цього кожен ETN порівнює свій результат з результатом інших ETN в мережі. Цей результат порівняння надалі

надсилається в мережу разом із підписом кожного ETN. Потім керівник проводить статистичний аналіз даних, щоб переконатися, що в блоці немає конфлікту. Якщо блок вільний від конфліктів, тоді блок додається до мережі блокчейнів у хронологічному порядку. Загальний час, необхідний для досягнення консенсусу, становить 10 хвилин, що не залежить від розміру вузлів у мережі. Однак, якщо виникає будь-який конфлікт або будь-який ETN не схвалює блок, тоді керівник всебічно аналізує всі результати та передає спірний блок знову на всі ETN для повторного аудиту. Після цього повторюється той самий процес, і результати знову аналізуються для всіх ETN разом з їх кільцевими підписами. Ця кореспонденція між ETN допомагає дійти до скомпрометованого ETN, який згодом несе відповідальність.

### 3.3 Енерго-ціновий ринок та оцінка корисності

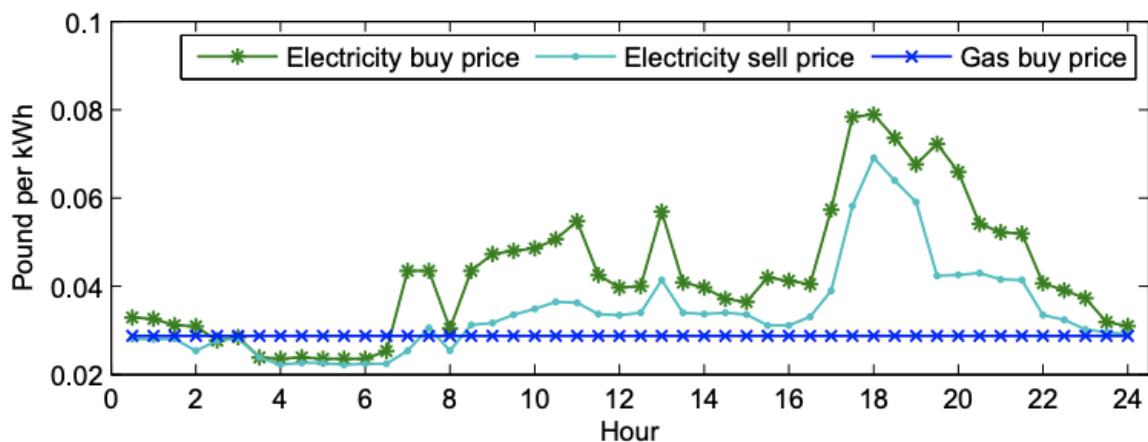


Рис. 3.6 Ціни на електроенергію та газ

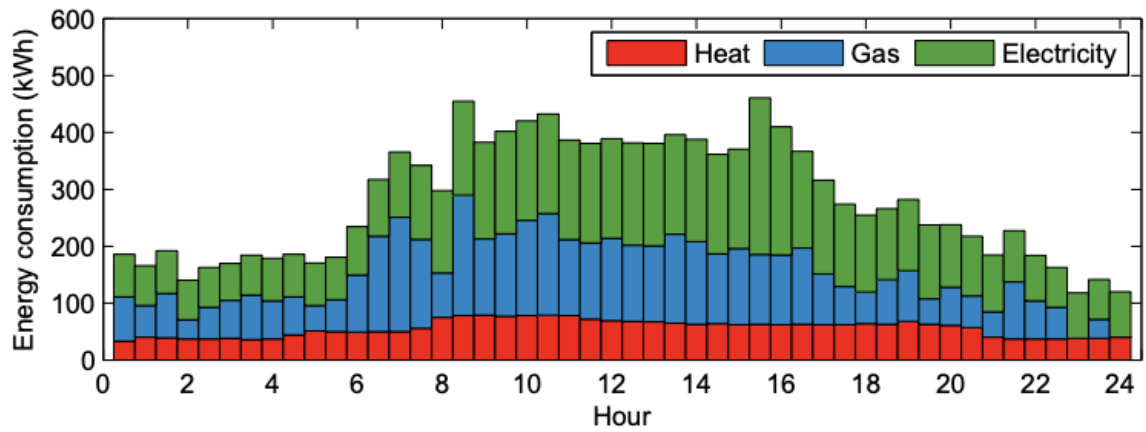


Рис. 3.7 Середнє споживання ресурсів будинком

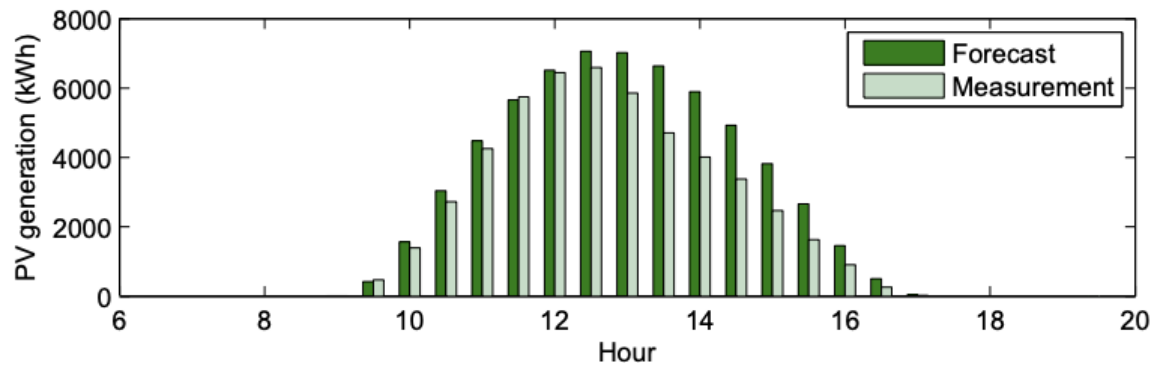


Рис. 3.8 Видобуток електроенергії за рахунок сонячних батарей

Таблиця 3.1

## Ціни на електроенергію по годинам

n	p (фунт за кВтгод)	t (час)
1	0.03	1
2	0.029	2
3	0.028	3
4	0.025	4
5	0.025	5
6	0.025	6
7	0.042	7
8	0.03	8
9	0.042	9
10	0.045	10
11	0.05	11
12	0.04	12
13	0.053	13
14	0.04	14
15	0.039	15
16	0.042	16
17	0.057	17
18	0.08	18
19	0.07	19
20	0.06	20
21	0.059	21
22	0.042	22
23	0.04	23
24	0.03	24

Наша система споживає 24000 кВт в день. При споживанні 1000 кВт за кожну годину наша система за день витратить:

$$S_1 = \sum_{i=1}^{24} p_i \times 1000 = 1065 \text{ грошових одиниць}$$

Однак, якщо ми будемо купляти хоча б половину електроенергії вночі, то отримаємо:

$$S_2 = 2 \times \sum_{i=1}^6 p_i \times 1000 + \sum_{i=7}^{19} p_i \times 1000 = 894 \text{ грошових одиниць}$$

Економія становить

$$E = S_1 - S_2 = 171 \text{ грошових одиниць}$$

Коефіцієнт корисності становить

$$K = \frac{S_1}{S_2} = 1.222$$

### **Висновки**

1. На основі аналізу онтологічної моделі MicroGrid та технологій розподіленого реєстру було запропоновано застосувати технологію блокчейну для правильного обліку електроенергії в системі.
2. Було встановлено, що ринок електроенергії мікромереж на основі блокчейну забезпечує децентралізацію і атмосферу довіри між покупцями та постачальниками, в яких вони можуть вільно торгувати без необхідності централізованої довіреної третьої сторони.
3. Проаналізувавши ринок електроенергії та можливості торгівлі за рахунок блокчейну був підрахований коефіцієнт цінової корисності системи.



**РОЗДІЛ 4**

**РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ**

В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту «Модифікована онтологічна модель системи MicroGrid».

Головною причиною, по якій стартапи повсюдно реалізуються і в подальшому успішно існують і розвиваються, є повільність і неповороткість великих компаній, що успішно використовують уже наявні продукти, замість того, щоб створювати і розробляти нові. Тобто головною перевагою стартапів вважається мобільність при втіленні нових ідей, що дозволяє скласти конкуренцію великим компаніям.

**4.1 Опис ідеї проекту**

Ідея проекту полягає у використанні технологій розподіленого реєстру в онтологічних моделях MicroGrid для покращення економічних показників системи.

У таблиці 4.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 4.1.

Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Використання технологій розподіленого реєстру в онтологічних моделях системи MicroGrid	Мікромережі	Зручний облік електроенергії
	Ринок електроенергії	Керування процесами обміну електроенергії

Пропонується вдосконалена онтологічна модель системи MicroGrid. Загальною метою пропонованої моделі є використання технологій розподіленого реєстру для зручного обліку та можливості здійснювати торгові операції з електроенергією.

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку;
- проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають
  - а) гірші значення (W, слабкі);
  - б) аналогічні (N, нейтральні) значення;
  - в) кращі значення (S, сильні) (табл. 5.2).

Таблиця 4.2.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№	Характеристики проекту	(потенційні) товари/концепції конкурентів		W	N	S
		Мій проект	Звичайна мережа			
1	Поріг входу	Середній	Середній		+	
2	Користувальницький досвід	Середній	Середній		+	
3	Стабільність роботи	Високий	Середній			+
4	Гнучкість	Високий	Середній			+

Результати моделювання підтверджують, що запропонована модель стабільніша на гнучкіша ніж конкуренти.

#### 4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
·	Модифікація онтологічної моделі MicroGrid	Статистика	Наявна	Доступна
		Експериментальні дослідження	Наявна	Доступна
		Тестування	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: наявна та доступна на ринку				

В роботі було представлено варіант технічної реалізації проекту. Для повноцінного запуску продукт потребує доопрацювань, але вся технічна база наявна на ринку і проект можливий для реалізації.

#### 4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Для впровадження проекту, необхідно провести аналіз ринкових можливостей, тобто аналіз ризиків та загроз для впровадження проекту на ринок.

Це дозволяє оцінити актуальність нашого проекту.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4.

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	15000 грн
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростаюча
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Наявність сертифікацій
5	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	18%

Рентабельність - це показник економічної ефективності використання ресурсів або інвестицій. Він показує вдалося чи не вдалося повернути вкладення і на скільки. Судячи з даних таблиці ринок є привабливим для входження.

Було проаналізовано багато джерел, які свідчать, що попит на мікромережі, як і технології розподіленого реєстру, щороку зростає и має дуже позитивну тенденцію на розвиток

Цільова аудиторія проекту — компанії які використовують мікромережі для реалізації закритих енергосистем.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів:

Таблиця 4.5.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Надійність системи	Віддалені регіони з поновлюваними ресурсами	Вартість проекту.	Покращення надійності системи
2	Зручний облік	Розробники закритих електромереж	Вартість проекту.	Покращення обліку електроенергії

У зв'язку з тим, що аудиторія та сфера в цілому обширна, тенденції дуже часто и швидко змінюються і потрібно швидко адаптуватися під них, потенційні клієнти також це розуміють, та намагаються впроваджувати у проекти нові та актуальні методи.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. (таблиця 4.6)

Таблиця 4.6.

## Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Попиту	Вдосконалення може виявитися не настільки потрібним.	Перерахунок вартостей для підтвердження ефективності
2.	Економічна	Зростання інфляції	Пошук можливостей для дешевшого тестування
3.	Конкуренція	Можливо буде розроблений більш енергоефективна система	Збільшення перевірок та гарних відгуків
4.	Науково-технічна	Швидкий розвиток науки	Моніторинг наукових новин та пошук нових шляхів вдосконалення проекту

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі(табл. 4.7).

Таблиця 4.7.

## Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Звичайні MicroGrid	Можливі нові системи	Ціноутворення	Задачі	Неякісні замінники
Висновки	Немає високої конкуренції, оскільки розроблена система вже перевершує існуючі.	Нові системи потенційно можуть мати перевагу над розробленими нами.	Впливають на ціноутворення	Клієнти диктують основні умови на ринку	Можуть негативно вплинути на авторитет продукту

На основі проведеного аналізу можна сформулювати перелік основних факторів, які свідчать про високу конкурентоспроможність проекту (табл. 4.8).

Таблиця 4.8.

## Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Ціна інтеграція впливає на прийняття рішення. А наша ціна вигідніше, ніж у аналогів.
2	Актуальність	Вдосконалена система, ефективність якої доведена.
3	Попит	Активна тенденція та розвиток ринку свідчить, що попит є
4	Гнучкість	Є можливість подальшої модифікації та реалізації для будь-яких завдань пов'язаних з оптимізацією процесів
5	Інноваційність	Заявляє, що українська наука – достойний конкурент.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 4.9) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 4.10). Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 4.9.

## Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівняння з проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	18		+					
2	Актуальність	18					+		
3	Попит	18						+	
4	Гнучкість	19					+		
5	Інноваційність	19						+	

З таблиць 4.9 та 4.10 що фактори конкурентноспроможності дозволять вийти на ринок, але успіху можна буде досягти лише за рахунок якісної реалізації та продуманої маркетингової політики.

Таблиця 4.10.

## SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Інноваційність;</li> <li>2. Вартість.</li> <li>3. Гнучкість</li> <li>4. Актуальність</li> </ol>	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Відсутність довіри;</li> <li>2) Велика витрата ресурсів до самих продажів на рекламу</li> </ol>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Збільшення продаж;</li> <li>2. Отримання державних замовлень на отримання послуг;</li> <li>3. Розширення ринку за рахунок іноземних замовників;</li> <li>4. Отримання тендерів на послуги.</li> </ol>	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Цінова конкуренція в зв'язку з появою нових гравців на ринку.</li> <li>— Різка зміна курсу гривні може привести до зменшення попиту, особливо з боку малих фірм.</li> </ul>

Це знову підтверджує, що навіть незважаючи на свою специфіку, наш проект потребує значних зусиль для того, щоб увійти у ринок, зафіксуватися та пропонувати свої можливості своїм клієнтам

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової.

Таблиця 4.11.

## Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	80%	3 місяці
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	70%	6 місяці
3	Стратегія виходу з ринку	80%	6 місяців

З зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями.

#### 4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 4.12.

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Віддалені регіони з відновлюваними ресурсами	Так	Високий	Середня	Середня
2	Закриті енергосистеми	Так	Середній	Середня	Середня
Які цільові групи обрано: Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати із обома групами користувачів і в майбутньому вибирати вектори подальшого розвитку					

Для роботи з вибраним цільовими групами користувачів ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.13.

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Підсилення сильних сторін стартапу за рахунок ринкових можливостей	Перемовини з компаніями, які представляють цільові групи потенційних клієнтів	Виокремлення переваг цього способу у грошовому еквіваленті для майбутніх споживачів.	Стратегія підкріплення своїх переваг



Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.14).

Таблиця 4.14.

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні	Забирати існуючих	Ні	Стратегія підкріплення своїх переваг

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 4.15.

Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Цілкова підтримка на етапі інтеграції	Відкритість до вирішення питань	Обізнаність свого продукту, допомога в інтеграції. Формування лояльності і прихильності споживачів, підтримка вхідних бар'єрів.	Гнучкість. Зручність. Якість.

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку

#### **4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту**

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 4.16 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.16.

##### **Визначення ключових переваг концепції товару**

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Конкурентоспроможності	Унікальність, зручність	Легка інтеграція методу та модифікація під потреби

#### **Висновки**

У данному розділі було представлено стартап-проект для просування запропонованої моделі системи MicroGrid. Були проаналізовані як ризики, загрози так і переваги нашої моделі серед конкурентів

Результатом проекту є стратегія виходу на ринок, маркетинговий план та обрані стратегії співпраці з майбутніми(потенційними) клієнтами. За рахунок аналізу також було виявлено, що впровадження нашої моделі потенційним клієнтам є реальна можливість, але для цього потрібно мати спеціальні сертифікати, проводити тестування, дані, можливість інтеграції нашого методу в проект клієнтів и так далі.

Галузь має дуже позитивну тенденцію та розвиток у всьому світі, це вказує на те, що якщо правильно підійти до виходу на ринок, свій обсяг клієнтів обов'язково отримаємо.

## РОЗДІЛ 5

### ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНОГО РІШЕННЯ

Стандартний підхід до побудови системи MicroGrid можна розділити на основні етапи:

#### **Попередній етап**

На даному етапі необхідно усвідомити основні цілі та завдання майбутнього проекту. Для цього обговорюють концепцію системи, ключові технічні моменти, терміни і обсяги виконуваних робіт, а також вартість і джерела фінансування. Підсумком попереднього етапу, крім узгоджених умов майбутнього договору, повинен стати перший і найголовніший фундаментальний проектний документ - статут проекту.

Статут проекту визначає наступні принципові моменти, пов'язані з процесом розробки та впровадження системи MicroGrid:

- Короткий опис проекту, цілі та завдання створення системи.
- Загальний опис складу робіт.
- Межі проекту: терміни, бюджет, перелік об'єктів автоматизації.
- Опис продукту: перелік поставляється апаратного і програмного забезпечення, тип і кількість ліцензій і т.д.
- Організаційна структура проекту: список і ролі учасників проектної групи з боку виконавця і замовника, їх відповідальність і обов'язки, система документообігу проекту.
- Основні етапи розробки та впровадження системи, план-графік їх реалізації.
- Найбільш значущі ризики невиконання зобов'язань за проектом, а також способи мінімізації ризиків.

Іншими словами, статут проекту - це саме статут, який розробляється керівником проекту спільно з основними учасниками проектної групи, затверджується керівництвом виконавця і замовника і не повинен коригуватися протягом всього часу створення системи MicroGrid.

Завершенням попереднього етапу можна вважати момент, коли підписаний договір на послуги з розробки та впровадження системи і затверджений статут проекту.

### **Збір вимог**

До цього моменту всі ключові фігури - учасники проекту визначені, і ніщо не заважає почати збирати і стверджувати вимоги до майбутньої системи. Представники виконавця спілкуються з майбутніми користувачами та адміністраторами системи, а також з їх керівництвом. В ході обстеження не тільки систематизуються вимоги і побажання до впроваджуваного рішення, але і аналізується документація, яка повинна стати джерелом вихідних даних системи, або формування якої повинно бути в результаті автоматизовано.

Результатом даного етапу має стати поява технічного завдання на розробку і впровадження системи. Технічне завдання повинно базуватися на умовах договору та вимоги, викладені в статуті проекту, такі як:

- Призначення і цілі створення системи.
- Опис об'єкта автоматизації і основних автоматизованих бізнес-процесів.
- Вимоги до системи: вимоги до структури; функцій (завдань), що вирішуються системою; вимоги до технічного і організаційного забезпечення; вимоги до надійності, безпеки, тощо.
- Склад і зміст робіт зі створення інформаційної системи.
- Порядок контролю і приймання результатів робіт.
- Вимоги до складу робіт з підготовки об'єкта автоматизації для запуску інформаційної системи в експлуатацію.
- Вимоги до складу проектної та призначеної для користувача документації.

Завершення етапу збору вимог - це твердження замовником технічного завдання. У деяких випадках у Замовника до початку робіт за проектом вже існує технічне завдання (входить до складу конкурсної документації). У цьому випадку результати обстеження та збору вимог фіксуються в приватних

технічних завданнях, які деталізують і конкретизують загальні вимоги до інформаційної системи, представлені в початковому технічному завданні.

### **Проектування**

На цьому етапі детально проектуються всі сценарії, пов'язані з розробкою і впровадженням системи. Робиться це відповідно до умов середовища (системного ландшафту) та вимогами до інтеграції створюваної системи з уже наявними і експлуатованими. Результатом етапу проектування повинно стати оформлення наступних розділів технічного (концептуального) проекту

- Архітектура інформаційної системи.
- Опис структур інформаційного сховища (бази даних).
- Проектні рішення, представлені детальним описом сценаріїв автоматизації всіх, яких торкається впровадженням системи бізнес процесів.
- Сценарії інтеграції.
- Джерела вихідних даних і варіанти початкового інформаційного наповнення системи.
- Концепція розмежування прав доступу до даних на основі ролей користувачів, що визначають, в тому числі, їх повноваження.
- Концепція навчання користувачів системи.

### **Реалізація**

Етап реалізації всіх вимог до системи MicroGrid, викладених у Технічному завданні та технічному проекті. У цей період виконавець розробляє всі необхідні програмні компоненти, створює структури бази даних, виробляє установку, настройку і тестування всіх компонентів системи на своїй території, імітує сценарії інтеграції, тощо. Завершення етапу реалізації підтверджується появою таких проектних документів, як керівництво по встановленню та налагодженню системи, програма і методика випробувань системи, а також шаблон бази даних і реєстру всіх виконаних програмних розробок.

Візуальне представлення етапів створення системи MicroGrid зображене на рис. 5.1

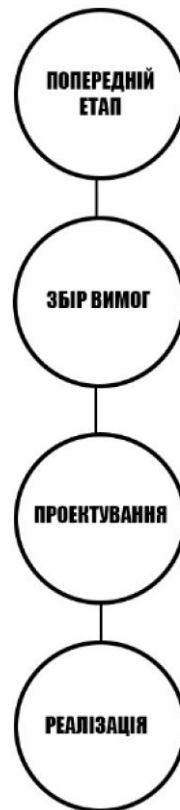


Рис. 5.1 Етапи створення системи MicroGrid

Можливість застосування онтологічних моделей пов'язана з тим, що багато організацій мають набір загальних рис і завдань. Наявність спільності дозволяє використовувати готові рішення в умовах конкретного системи і його завдань. Наприклад, більшість систем MicroGrid вирішує типові завдання в забезпеченні електроенергією, забезпечення надійності, автономності. В рамках таких завдань вибір онтологічної моделі буде виправданим і ефективним.

Для того щоб онтологічна модель могла бути скомпонована з типових рішень, необхідно, щоб в кожній інформаційній системі в максимальному ступені використовувалися стандартні технології автоматизації процесів:

- управління електронними документами
- проектування, моделювання та аналізу складних систем
- фінансово-економічного аналізу діяльності
- системи підтримки прийняття рішень

При створенні системи MicroGrid на базі онтологічної моделі організація вибирає одну або декілька існуючих на ринку готових моделей, чи то створених під заказ, і впроваджує їх у власні підрозділи, автоматизуючи їх діяльність.

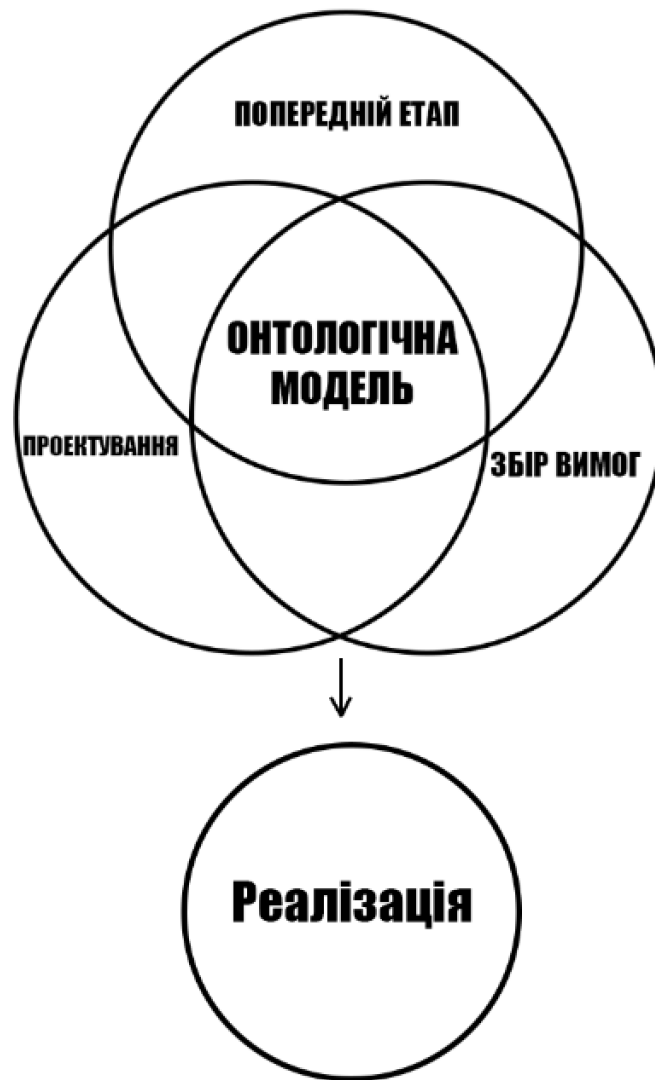


Рис 5.2 Етапи створення системи MicroGrid за допомогою онтологічної моделі

Основні перевага використання онтологічної моделі полягає у виключенні тимчасових витрат на розробку системи, а крім того, такий підхід має такі переваги:

- наявність супроводу системи розробником
- ретельне тестування пропонованої системи розробником
- зменшення кількості ітерацій на тестування системи
- якісне документування системи
- періодичні поліпшення або удосконалення системи розробником
- можливість зосередити ресурси організації на підтримку роботи системи, а не на розробці

Незважаючи на досить вагомі переваги, часто застосування готових моделей веде до зайвих фінансових витрат на супровід системи, а також до складності нарощування її функцій, що ускладнює подальший розвиток системи та розширення її функціональності.

### **Висновки**

На основі аналізу етапів створення системи MicroGrid, було виявлено, що система котра буде створена на основі онтологічної моделі з використанням технологій розподіленого реєстру має дуже багато переваг в порівнянні зі звичайним підходом, серед переваг можна виділити:

- ретельне тестування онтологічної моделі
- зменшення часу на розгортання системи
- можливість застосування в майбутньому
- вихід на ринок електроенергії
- довірені відносини всередині системи

Однак не обійшлося і без недоліків – на розширення системи може підти багато часу, а також фінансових ресурсів. Необхідна підтримка високоспеціалізованих робітників.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. На основі проведеного аналізу виявлені переваги побудови систем на основі онтологічних моделей та класифіковано проблеми інтеграції і представлення онтологічних моделей.

2. Проаналізовано методи побудови та характеристики системи MicroGrid, що показало, в чому переваги такої системи, та які саме проблеми вирішує MicroGrid.

3. На основі аналізу онтологічної моделі MicroGrid, визначені її складові, основні елементи на яких побудована дана система.

4. При дослідженні технологій розподіленого реєстру було встановлено, що саме за рахунок цього можна модернізувати вже існуючу онтологічну модель системи.

5. Модифіковано онтологічну модель MicroGrid за допомогою виведення частини елементів до хмарного сховища, а також застосування технологій розподіленого реєстру. Запропоноване рішення покращує ефективність побудови онтологічної моделі, та додає надійність у зберіганні та обліку даних, а також гнучкості в збереженні даних за рахунок хмарних сховищ.

6. Фінальною частиною роботи стала розробка стартап-проекту, в основі якого лежить використання представленої системи. В результаті було зроблено висновок, що проект може стати основою успішного проекту через виділені переваги та закладені механізми роботи.

7. Показано, що запропонована онтологічна модель MicroGrid за рахунок, того, що об'єднує в собі елементи різних етапів створення системи, має такі переваги зменшення часу на розгортання системи та можливість множинного застосування. За рахунок використання технологій розподіленого реєстру з'являється можливість контролю та обліку процесу обміну електроенергією між різними мікромережами. Ціновий коефіцієнт корисності системи становить  $= 1.222$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Онтологические модели и методы для управления информационно-интеллектуальными ресурсами организации / Н. Н. МУХАЧЕВА, Д. В. ПОПОВ | [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:  
- <https://cyberleninka.ru/article/n/ontologicheskie-modeli-i-metody-dlya-upravleniya-informatsionno-intellektualnymi-resursami-organizatsii.pdf>
2. Онтологическая модель интеграции данных и знаний в интеллектуальных информационных системах | [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:  
<https://cyberleninka.ru/article/v/ontologicheskaya-model-integratsii-dannyh-i-znaniy-v-intellektualnyh-informatsionnyh-sistemah>
3. Microgrid | [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Microgrid>
4. SmartGrid - больше чем smart grid / Валерий Вяткин | [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [vyatkin.org/uploads/Vyatkin%20talk%20SmartGrid.pdf](http://vyatkin.org/uploads/Vyatkin%20talk%20SmartGrid.pdf)
5. Gheyas I.A., Smith L.S. A Neural Network Approach to Time Series Forecasting // Proceedings of the World Congress on Engineering, London, 2009 – [www.iaeng.org/publication/WCE2009/WCE2009\\_pp1292-1296.pdf](http://www.iaeng.org/publication/WCE2009/WCE2009_pp1292-1296.pdf)
6. Morariu N., Iancu E., Vlad S. A neural network model for time series 105 forecasting // Romanian Journal of Economic Forecasting. 2009, No. 4. P. 213 – 223.
7. S. Cavalieri and A. Regalbuto, "Mapping IEC 61850 SCL to OPC UA for Smart Grid applications," 2015 IEEE 24th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Buzios, 2015, pp. 729-734.
8. S. Cavalieri and A. Regalbuto, "Improving engineering process in Smart Grid by IEC 61850 SCL and OPC UA integration," 2015 IEEE 20th Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), Luxembourg, 2015, pp. 1-8.
9. M. Backes, K. Keefe and A. Valdes, "A microgrid ontology for the analysis of cyber-physical security," 2017 Workshop on Modeling and Simulation of Cyber-Physical Energy Systems (MSCPES), Pittsburgh, PA, 2017, pp. 1-6
10. ETSI TS 118 112 V2.0.0 (2016-09) oneM2M; Base Ontology oneM2M TS-0012 version 2.0.0 Release 2

11. ETSI (2017), ETSI Technical Specification TS 103 264 V2.1.1 SmartM2M; Smart Appliances; Reference Ontology and oneM2M Mapping
12. MicroGrid Plus System | [Электронный ресурс] - <http://new.abb.com/distributed-energy-microgrids/ouroffering/microgrid-plus-system>
13. A. W. McMorran. (2007) An Introduction to IEC 61970-301 and 6196811: The Common Information Model.
14. Z. Meng, M. Hongwei, M. Jianrong, J. Hongxin and Y. Yang, "Common information model and its application based on source and load interactive system," 2016 China International Conference on Electricity Distribution (CICED), Xi'an, 2016, pp. 1-4.
15. A. Saleem, N. Honeth and L. Nordström, "A case study of multi-agent interoperability in IEC 61850 environments," 2010 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe), Gothenburg, 2010, pp. 1-8.
16. IEC, Communication Networks and Systems in substations, IEC Std.61850, 2003.
17. IEC, Communications Systems for Distributed Energy Resources (DER), IEC Std. 61850-7-420, 2006.
18. Cleveland, F.M.; , "IEC 61850-7-420 communications standard for distributed energy resources (DER)," Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008 IEEE , vol., no., pp.1-4, 20-24 July 2008.
19. IEC, Wind Turbines - Part 25: Communications for Monitoring and Control of Wind Power Plants, IEC Std. 61400-25, 2006.
20. N. Honeth, Wu Yiming, N. Etherden and L. Nordström, "Application of the IEC 61850-7-420 data model on a Hybrid Renewable Energy System," 2011 IEEE Trondheim PowerTech, Trondheim, 2011, pp. 1-6
21. IEC 62541-4:2015 OPC Unified Architecture - Part 4: Services
22. IEC 62541-6:2015 OPC Unified Architecture - Part 6: Mappings
23. Ford, T. C., Colombi, J. M., Graham, S. R., and Jacques, D. R. (2007). A Survey on Interoperability Measurement. Twelfth International Command and Control Research and Technology Symposium. Newport, RI.

24. Daclin, N., Chen, D., and Vallespir, B. (2006). Enterprise interoperability measurement-Basic concepts. Proceedings of the EMOI, (1), 1-5. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.86.7162&rep=rep1&type=pdf>
25. S. Rohjans, K. Piech, M. Uslar, and J. F. Cabadi, "CIMbaT - Automated Generation of CIM-based OPC UA-Address Spaces." presented at the IEEE International Conference on smart grid Communications, Brussel, 2011, pp. 416-421.
26. P. Drahos, E. Kucera, O. Haffner and I. Klimo, "Trends in industrial communication and OPC UA," 2018 Cybernetics & Informatics (K&I), Lazy pod Makytou, 2018, pp. 1-5.
27. S. sicari, A. Rizzardi, L. A. Grieco, and A. Coen-Porisini, "Security, privacy and trust in internet of things: The road ahead." Computer Networks, vol. 76, pp. 146-164, 2015.
28. Ali Dorri, Salil S. Kanhere, Raja Jurdak, and Praveen Gauravaram. "Blockchain for IoT Security and Privacy: The Case Study of a Smart Home.", The University of New South Wales, 2017
29. Xi Fang, Satyajayant Misra, Guoliang Xue, and Dejun Yang, "Smart Grid – The New and Improved Power Grid: A Survey." IEEE Communications Surveys & tutorials, vol. 14, Dec. 2011, pp 944-980, doi: 10.1009/SURV.2011.101911.00087
30. S. King, "Primecoin: Cryptocurrency with prime number proof-ofwork," July 7th, 2013
31. Nakamoto, Satoshi. "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.", 2008
32. Y. Yahiatene, A. Rachedi, M. A. Riahla, D. E. Menacer, and F. NaitAbdesselam, "A blockchain-based framework to secure vehicular social networks," Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, vol. 30, no. 8, p. e3650, 2019, e3650 ett.3650. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ett.3650>
33. J. Garay, A. Kiayias, and N. Leonardos, "The bitcoin backbone protocol: Analysis and applications," in Annual International Conference on the Theory and Applications of Cryptographic Techniques. Springer, 2015, pp. 281–310.

34. Z. Li, Z. Yang, and S. Xie, "Computing resource trading for edge-cloudassisted internet of things," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, in Press, 2019.
35. N. Z. Aitzhan and D. Svetinovic, "Security and privacy in decentralized energy trading through multi-signatures, blockchain and anonymous messaging streams," *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, vol. 15, no. 5, pp. 840–852, 2018.
36. I. Alqassem and D. Svetinovic, "Towards reference architecture for cryptocurrencies: Bitcoin architectural analysis," in *IEEE International Conference on Internet of Things (iThings), and Green Computing and Communications (GreenCom), IEEE and Cyber, Physical and Social Computing (CPSCoM)*, 2014, pp. 436–443.
37. L. Luu, V. Narayanan, C. Zheng, K. Baweja, S. Gilbert, and P. Saxena, "A secure sharding protocol for open blockchains," in *Proceedings of the ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, 2016, pp. 17–30.
38. C. Dwork, A. Roth et al., "The algorithmic foundations of differential privacy," *Foundations and Trends® in Theoretical Computer Science*, vol. 9, no. 3–4, pp. 211–407, 2014.
39. F. McSherry and K. Talwar, "Mechanism design via differential privacy," in *48th Annual IEEE Symposium*
40. W. Wang, D. T. Hoang, Z. Xiong, D. Niyato, P. Wang, P. Hu, and Y. Wen, "A survey on consensus mechanisms and mining management in blockchain networks," *arXiv preprint arXiv:1805.02707*, 2018.